

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ

Иванин Владимир Игоревич

Выпускная квалификационная работа
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ НА СТОК РЕК В НИЖНЕМ
БЬЕФЕ

по направлению подготовки «Гидрометеорология»
образовательная программа бакалавриата «Гидрометеорология»
профиль: гидрология суши

Научный руководитель: к. г. н., доцент

Пряхина Галина Валентиновна

Санкт-Петербург

2018

Оглавление:

Введение.....	4
Глава 1. Обзор литературы.....	6
Глава 2. Методические подходы к оценке изменения стока ниже водохранилища.....	11
2.1 Оценка однородности исходных рядов наблюдений.....	11
2.2 Построение интегральных кривых.....	14
2.3 Оценка изменений стока.....	14
2.4 Расчет испарения с поверхности суши и с водной поверхности.....	15
2.5 Расчет потерь на дополнительное испарение.....	17
Глава 3. Физико-географическое описание.....	18
3.1 Рельеф.....	18
3.2 Геологическое строение	19
3.3 Климат.....	20
3.4 Почвы и растительность.....	21
3.5 Гидрография.....	22
3.6 Описание водохранилищ.....	26
3.7 Обзор исходной информации.....	29
Глава 4. Анализ полученных результатов.....	31
4.1 Проверка исходных рядов на однородность.....	31
4.2 Анализ суммарных интегральных кривых.....	34
4.3 Оценка изменений стока.....	40
4.4 Расчет потерь на дополнительно испарение.....	42

Заключение.....	44
Список литературы.....	46
Приложение 1.....	48
Приложение 2.....	50

Введение

Ежегодно возобновляемые ресурсы пресных вод, представляемые годовым стоком рек, имеют несомненную ценность. Говоря об изменениях речного стока под влиянием хозяйственной деятельности, в основном, подразумевают перераспределение стока во времени за счет строительства водохранилищ (Шикломанов, 1989). Создание водохранилищ имеет многолетнюю историю, однако их влияние на окружающую среду до сих пор изучено не полностью.

При создании водохранилищ можно выделить три характерные зоны, в каждой из которых происходят изменения сложившихся элементов водного баланса: зону затопления, зону подтопления от водохранилища и русловую зону реки ниже створа подпорного сооружения, в пределах которой изменяются условия затопления в результате регулирования стока. В пределах третьей зоны может происходить как уменьшение, так и увеличение площадей затопления. В случае увеличения площадей затопления будут иметь место потери воды на поверхностное задержание, фильтрацию и на испарение с дополнительных площадей затопления, а в случае уменьшения – снижение этих видов потерь (Вуглинский, 1991).

Известно, что после создания водохранилищ речной сток снижается как в годовом, так и во внутригодовом разрезах. Так же стоит отметить увеличение испарения за счет возрастания площади водной поверхности в верхнем бьефе.

Целью выпускной квалификационной работы является оценка изменения речного стока в нижнем бьефе водохранилищ.

Для достижения цели были выполнены следующие задачи:

- Ознакомление по литературным данным с методиками оценивания изменений стока

- Анализ исходной информации и создание информационной базы на основе данных по расходам воды и испарению.
- Оценка изменений стока на участках рек ниже плотины и анализ полученных результатов

Объектом исследования в работе является бассейн реки Урал. Работа состоит из введения, основной части, состоящей из 4 глав, заключения и списка литературы.

Глава 1. Обзор литературы

В области исследования влияния водохранилищ на речной сток на сегодняшний момент представлено большое количество научных работ. Наибольший интерес в рамках исследуемой темы представляют работы, где рассматриваются изменения характеристик стока в нижнем бьефе.

Так в работе Шикломанова И.А., Веретенниковой Г.М. "Влияние водохранилищ на годовой сток рек СССР" основное внимание уделяется вопросу потерь воды в нижнем бьефе водохранилищ за счет изменения режима заливаемости. Авторы рассматривают ряд водохранилищ в бассейнах крупных рек, таких как Волга, Урал, Терек, Кубань, Сырдарья, Амударья, Или и пишут о том, что после создания водохранилищ снизилось испарение в результате регулирования и, следовательно, изменения режима естественного затопления поймы и дельты. При этом отмечалось увеличение потерь на дополнительное испарение с зон затопления и подтопления. В данной работе дана оценка годовых изменений стока под влиянием большого количества факторов хозяйственной деятельности.

Шикломанов И. А. в статье "Влияние хозяйственной деятельности на речной сток" рассматривает различные методы оценки изменений внутригодового распределения речного стока под влиянием водохранилищ. Первый метод заключается в сопоставлении и анализе характеристик внутригодового распределения стока в пунктах наблюдений за периоды до и после строительства водохранилища. В годы различной водности находится процентное распределение стока по сезонам или месяцам за естественный и нарушенный периоды. Сопоставление полученных распределений за эти годы позволяет сделать выводы в отношении комплексного влияния водохранилищ на сток реки. По данному методу в ГГИ оценивались все основные реки СССР, в бассейнах которых сооружены крупные водохранилища. Второй метод - руслового водного баланса - оценивает влияние на внутригодовое распределение стока всего комплекса факторов

хозяйственной деятельности и каждого фактора в отдельности. При определении изменения стока для р. Волги было выяснено, что решающую роль в преобразовании режима стока играют водохранилища. Также этот метод был использован в ГГИ для восстановления стока рек Дона и Кубани в Азовское море. Помимо влияния водохранилищ учитывались и другие антропогенные воздействия, но выяснилось, что роль Цимлянского водохранилища в изменении внутригодового распределения стока значительно больше, чем все другие факторы хозяйственной деятельности.

В своей диссертационной работе "Оценка влияния крупных водохранилищ на сток в нижнем бьефе" Пряхина Г.В. определяла наличие изменений стока под влиянием регулирования для Новосибирского, Красноярского и Ириклинского водохранилищ. В качестве методических подходов для оценки были использованы анализ однородности исходных рядов стока, графиков нарастающих сумм расходов воды, а также графики связи расходов воды в створах нижнего бьефа и в створе, расположенном выше водохранилища, за периоды до и после создания водохранилищ.

В статье И. А. Шикломанова и В. П. Кожевникова «Потери стока в Волго – Ахтубинской пойме и дельте р. Волги и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности» производилось определение величин потерь стока на испарение и давалась оценка их изменения под влиянием антропогенной деятельности и прежде всего регулирования в бассейне р. Волги. Факторы хозяйственной деятельности, оказывающие влияние на величину потерь в пойме и дельте, разделялись на две группы. К первой группе были отнесены факторы, действующие непосредственно в рассматриваемом районе и заключающиеся в сельскохозяйственном освоении угодий и использовании воды на хозяйственные нужды. В результате антропогенного воздействия были изменены площади различных угодий, что привело к изменению величины испарения. Ко второй же группе относится хозяйственная деятельность человека во всем бассейне Волги,

которая преобразует гидрологический режим реки в низовьях и изменяет величину и продолжительность заливания Волго – Ахтубинской поймы и дельты. Наибольшую роль в этом сыграло создание Волжско – Камского каскада водохранилищ, что привело к изменению внутригодового стока р. Волги. Для Волго – Ахтубинской поймы величина потерь получена двумя способами: методом гидрометрического руслового водного баланса с использованием материалов по стоку и путем расчета испарения с различных угодий. Средние величины годовых потерь за многолетний период получились достаточно приближенными к реальным, что говорит о надежности полученных результатов.

Результаты оценки потерь стока Волги представлены в статье И. А. Шикломанова «Оценка изменения стока реки Волги у Волгограда под влиянием хозяйственной деятельности». Одним из способов оценивания изменения стока служил график зависимости между наблюдаемыми и рассчитанными по уравнению множественной корреляции средними годовыми расходами и формула, по которой находилась разница (ΔY) между двумя этими уровнями. Вычисления производились для естественного периода гидрологического режима и для периода с интенсивной хозяйственной деятельностью в бассейне. Такое сопоставление дает возможность оценить не только изменение стока, но и установить период, начиная с которого эти изменения стали оказывать влияние на гидрологический режим реки в замыкающем створе. На основании исследования в работе были сделаны выводы о том, что хозяйственная деятельность на водосборе привела к изменению среднего годового стока, объема весеннего половодья и максимальных расходов. Существенное снижение стока вызвано в первую очередь сооружением и эксплуатацией водохранилищ Волжско – Камского каскада. Помимо этого, существенно снижается под влиянием антропогенных факторов годовой сток реки в маловодные периоды, что обусловлено особенно интенсивными

безвозвратными потерями воды в бассейне на все виды хозяйственной деятельности.

В статье И.А. Шикломанова и А.С. Хорецкой «Оценка изменения стока р. Кубани под влиянием хозяйственной деятельности» авторы с помощью двух методов: водного баланса зоны использованного стока и восстановления стока по зависимости от основных естественных стокообразующих факторов, дают оценку влияния антропогенного воздействия на сток в замыкающем створе. В результате проведенных исследований, было выяснено, что изменение стока реки в створе г. Краснодара практически полностью объясняются отводом части ее стока за пределы бассейна. Другие факторы хозяйственной деятельности (агротехнические мероприятия, мелиорация, русловое регулирование и др.) не оказывают такого существенного влияния на средние характеристики годового стока в замыкающем створе. Помимо этого, было определено, что на водосборе существует целый ряд факторов, способствующих некоторому сокращению непродуктивных потерь и увеличению стока в замыкающем створе. Среди этих факторов можно назвать осушение затопленных земель, рост овражно-балочной сети, урбанизацию, а главное, обвалование русел, регулирование стока водохранилищами и переброску воды в другие бассейны, которые способствуют уменьшению разливов реки в паводок.

Хорецкая А.С. ("Потери стока в дельте р. Кубани и их изменения под влиянием хозяйственной деятельности") не производила оценку влияния водохранилищ на изменение стока, а рассматривала изменение стока в основном под влиянием орошения. Расчеты, выполненные в работе, показали, что изменение величины стока на участке Краснодар – устье практически не происходит.

В работе Шикломанова И.А., Леонова Е.А., Смирновой Л.Е. "Сток в дельте р. Терека и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности" были выполнены оценки изменений стока в дельте р. Терека и его

распределение внутри года и по территории дельты под влиянием увеличения роста водозабора в каналы в результате развития орошаемого земледелия в дельте, рыбного хозяйства и промышленно-коммунального водопотребления.

Глава 2. Методические подходы к оценке изменения стока ниже водохранилища

Для оценки изменений стока был использован ряд методических подходов, таких как: оценка однородности исходных рядов наблюдений, построение интегральных кривых, оценка изменений стока, расчет испарения с поверхности суши и с водной поверхности, расчет потерь на дополнительное испарение.

2.1 Оценка однородности исходных рядов наблюдений

Оценка статистической однородности рядов среднегодовых и среднемесячных значений стока до и после строительства водохранилища производится для косвенного установления факта изменения стока под влиянием водохранилища. Для этого необходимо понять, насколько существенно отличаются между собой математические ожидания и дисперсии, рассчитанные за 2 периода: до и после строительства водохранилища. Необходимо выяснить, следует ли относить обнаруженные различия математических ожиданий и значений дисперсии к случайным колебаниям, или же нужно сделать вывод, что существенное влияние оказало изменение характеристик стока под влиянием водохранилища.

Критерий значимости применяется для определения, будут ли некоторые статистики, характеризующие расхождение значений случайных величин, отличаться друг от друга или от других статистик более, чем можно было бы ожидать в связи со случайными колебаниями выборочных оценок. Если сравниваемые величины отличаются друг от друга более, чем это можно разумно приписать их случайной вариации, то разность между ними называется значимой или существенной. В противном случае разность называется несущественной или случайной. Граница между вероятностью существенного и несущественного различия называется уровнем значимости и обозначается через α . Если вероятность полученной статистики равна или меньше уровня значимости, то гипотеза опровергается. Уровень значимости

– это вероятность события, которой решено пренебречь в данной области исследования. В настоящей работе был использован двухсторонний (2α) уровень значимости, то есть когда проверяется равенство двух случайных величин (одинаковый интерес представляет как положительная, так и отрицательная разность между изучаемыми величинами) (Шелутко, 1991).

Значения статистики, при которых гипотеза опровергается, т.е. вероятность которых меньше заданного уровня значимости α , образуют критическую область проверяемой гипотезы. Значения статистики, при которых гипотеза не опровергается, образуют доверительную область. Границы между критической и доверительной областью называются доверительными границами (Шелутко, 1991).

Проверка рядом на однородность проводилась по математическому ожиданию и дисперсии с помощью критериев Стьюдента и Фишера для 3 створов: створа, расположенного выше водохранилищ по течению реки и принимаемого за естественный, и для створов, расположенных в нижнем бьефе.

Статистическая нулевая гипотеза о равенстве действительных значений числовых характеристик рядов стока (математического ожидания M и дисперсии стока D) записывается в следующей форме:

$$H_0 : M_1 = M_2 , \quad (1)$$

$$H_0 : D_1 = D_2 , \quad (2)$$

где $M_1, D_1; M_2, D_2$ – действительные значения математического ожидания и дисперсии соответственно за первый и второй период.

Оценка гипотез об однородности исходной информации по математическому ожиданию производится при помощи статистики t

Стьюдента, являющейся нормированной разностью средних значений двух частей одной выборки. Значение статистики t рассчитывается по формуле

$$\hat{t} = (\hat{m}_{x1} - \hat{m}_{x2}) / \hat{\sigma} \times \sqrt{n_1 n_2 / (n_1 + n_2)} \quad (3)$$

где

$$\sigma^{*2} = ((n_1 - 1) \times \hat{\sigma}_1^2 + (n_2 - 1) \times \hat{\sigma}_2^2) / ((n_1 - 1) + (n_2 - 1)) \quad (4)$$

\hat{m}_{x1} , \hat{m}_{x2} - оценки математического ожидания, $\hat{\sigma}_1^2$, $\hat{\sigma}_2^2$ - оценки дисперсии, n_1 , n_2 – объемы соответственно 1-ой и 2-ой выборок (Шелутко, 1991).

Оценка гипотез об однородности исходной информации по дисперсии производится при помощи статистики F , называемой дисперсионным отношением, или критерием Фишера:

$$\hat{F} = \hat{D}_1 / \hat{D}_2 \quad (5)$$

где \hat{D}_1 и \hat{D}_2 – оценки дисперсии по первой и второй выборке. В числителе формулы (5) всегда берется большее значение (Шелутко, 1991).

Оценка однородности по критерию Стьюдента осуществляется путем сравнения расчетных и критических значений статистик. Если расчетное значение меньше критического при заданном уровне значимости гипотеза об однородности не отклоняется. Если нулевая гипотеза верна, то рассматриваемый исходный ряд наблюдений признается однородным по отношению к средним значениям.

Для оценки однородности дисперсий и средних значений временной ряд разбивается на две выборки. Причем границы разбиения желательно связать с датами предполагаемого нарушения стационарности.

При помощи статистических критериев однородности можно только установить факт статистической неоднородности ряда, который, возможно, указывает на наличие колебаний под воздействием хозяйственной деятельности человека. Критерии не позволяют дать количественную оценку антропогенных изменений стока.

2.2 Построение интегральных кривых

При наличии ряда наблюдений за стоком иногда удастся установить начало антропогенных изменений и даже приближенно оценить величину их графическим способом – путем построения так называемой интегральной кривой вида

$$\sum_1^n Y = \psi(t) \quad (6)$$

где, $\sum_1^n Y$ - нарастающая сумма значений стока от начала наблюдений на каждый год (Шикломанов, 1989).

Преимуществом данного графического способа является наглядность изменений характеристик стока. График имеет линейный характер при естественном расходе воды, а резкое изменение угла наклона указывает на наличие каких-либо факторов, воздействующих на величину стока и тенденцию его изменения. Кривые позволяют установить начало антропогенного влияния и приблизительно оценить величину изменений.

Изменения стока определялись для каждого гидрологического поста по среднегодовым и среднемесячным значениям.

2.3 Оценка изменений стока

В результате регулирования реки, в нижнем бьефе водохранилищ происходит изменение величины стока по сравнению с естественным. Для оценки изменений стока используются нарастающие интегральные кривые. Определение происходит следующим образом: для начала устанавливается точка перелома графика, обычно она совпадает с датой введения водохранилища в эксплуатацию. Проводится линия, которая накладывается на график до точки перелома и показывает естественный сток (рис 2.1). Дальше находится разница между естественным стоком и зарегулированным.

$$\Delta = W_{\text{ест.}} - W_{\text{зарег.}} \quad (7)$$

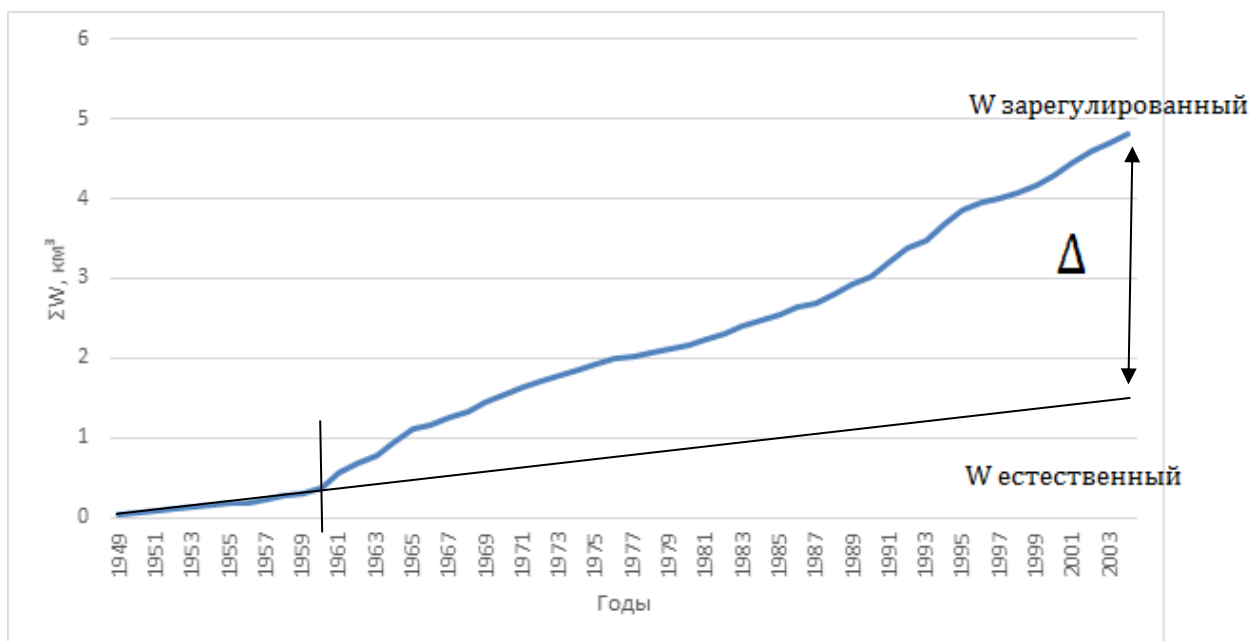


Рисунок 1. График нарастающей интегральной кривой

2.4 Расчет испарения с поверхности суши и с водной поверхности

В работе расчёт величин месячного испарения с поверхности суши производился по методу Полякова с использованием графиков зависимости суммарного испарения с водосбора от месячных температур воздуха и сумм осадков (рис. 2). Однако, данный метод имеет недостатки, в частности в летние месяцы он дает заниженные значения испарения, так как при его обосновании использованы неисправленные величины измеренных осадков, вводится поправка только на смачивание прибора. Метод использовался как наиболее простой в плане доступной информации.

$$Z_{\text{ср. мес}} = f(t_{\text{ср. мес}}, x_{\text{ср. мес}}) \quad (8)$$

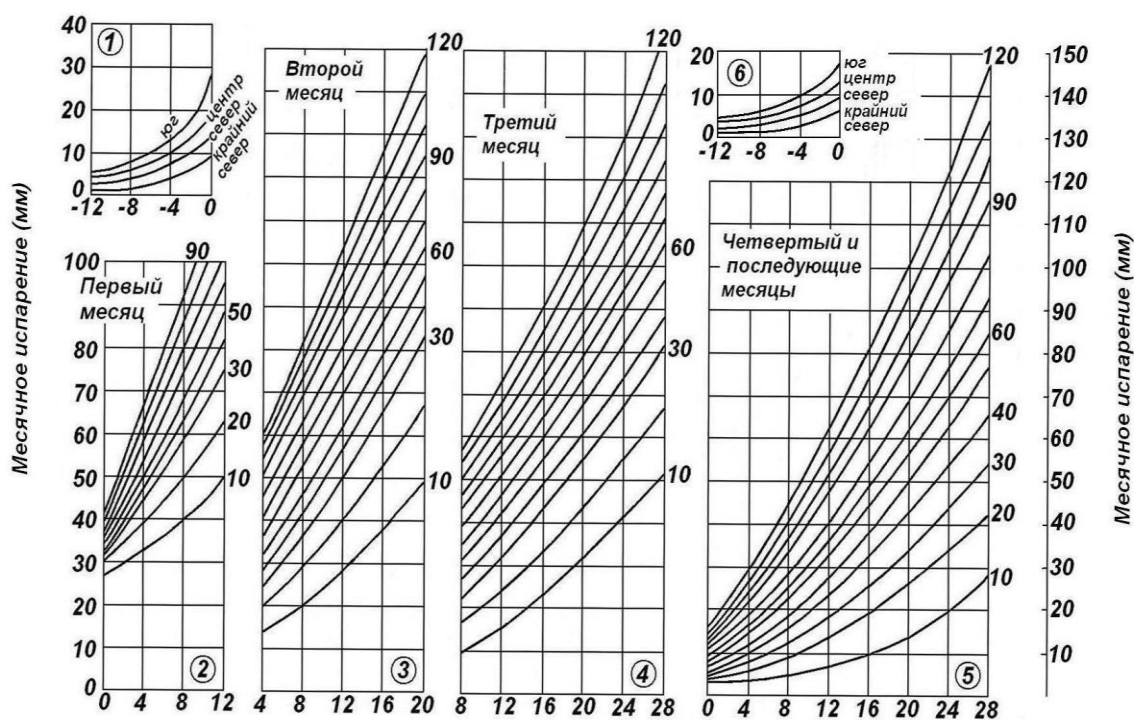


Рисунок 2. Графики для расчета суммарного испарения с поверхности речных водосборов в различных зонах (Поляков, 1946)

Для определения значений испарения с водной поверхности по данным континентального испарителя ГГИ – 3000 использовались следующие формулы для пересчета (9 – 12):

Для июня:

$$E_{3000}^{**} = (E_{3000} - 36.611)/(\Delta + 0.6319) \quad (9)$$

Для июля:

$$E_{3000}^{**} = (E_{3000} - 21.464)/(\Delta + 0.7097) \quad (10)$$

Для августа:

$$E_{3000}^{**} = (E_{3000} - 6.8881)/(\Delta + 0.7484) \quad (11)$$

Для сентября:

$$E_{3000}^{**} = (E_{3000} - 2.1913)/(\Delta + 0.6816) \quad (12)$$

Где E_{3000}^{**} – испарение с реального водоема, E_{3000} – испарение с континентального испарителя, Δ – параметр, представляющий разность коэффициентов K_1 и K_2 , связанных с широтой местности (Вуглинский, Албул, 2016).

2.5 Расчет потерь на дополнительное испарение

После создания водохранилища одной из составляющих потерь стока является дополнительное испарение с зоны затопления.

Для расчета дополнительных объемов испарения после создания водохранилищ использовалась следующая формула (Вуглинский, 1991):

$$\Delta E = (E_v - E_c) * (S_v - S_c), \quad (13)$$

где $(S_v - S_c)$ – разность площадей затопления при зарегулированном и естественном режиме реки, $(E_v - E_c)$ – разность испарения с водной поверхности и с поверхности суши.

В качестве площади затопления при зарегулированном режиме реки бралась площадь водохранилища при нормальном подпорном уровне.

Глава 3. Физико-Географическое описание

3.1 Рельеф

По условиям рельефа территорию бассейна р. Урал можно разделить на несколько частей: горные сооружения Южного Урала, Общий сырт, Подуральское плато, Прикаспийская низменность.

Горные сооружения Южного Урала представляют собой часть огромной горно - складчатой области, поднявшейся вдоль края Восточно - Европейской платформы. На восточном склоне хребта Уралтау, который составляет основную орографическую единицу, начинается река Урал. К юго - западу от хребта Уралтау находится Зилаирское плато, с которого стекают правобережные притоки р. Сакмары. Для этого района характерны плоские выровненные водоразделы и глубоко врезуемые долины рек.

Общий Сырт располагается к западу от Зилаирского плато и представляется возвышенностью, служащую водоразделом бассейнов рек Волги и Урала. Поверхность Общего Сырта слабо волнистая, с невысокими останцами.

Подуральское плато располагается к востоку от Прикаспийской низменности и представляет собой увалисто - холмистую равнину, расчлененную долинами р. Урала и ее левых притоков. Характерными для рельефа плато являются останцовые и структурные увалы, а также небольшие холмы и сопки различной высоты.

Прикаспийская низменность обрамляет северную часть Каспийского моря. Она представляет собой сравнительно недавно обсохшее дно отступившего Каспийского моря и характеризуется выравненной поверхностью со следами береговых линий и береговых валов. Поверхность низменности испещрена множеством различных по размеру сорových впадин, озер и неглубоких протоков, которые приурочиваются к определенным

береговым линиям, связанным с различными уровнями Каспийского моря (Ресурсы ..., 1970).

3.2 Геологическое строение

Урало - Эмбинский район обладает разнообразным и сложным геологическим строением. В целом он представляет юго - восточную окраину Русской платформы, сложно сочлененной с более молодой эпигерцинской платформой. На этой территории выделяются: Уральская складчатая область, Северокаспийская депрессия, плато Устюрт и складчатая область Мангышлак.

В Уральской складчатой области встречаются докембрийские и палеозойские отложения различного генезиса и состава. На восточном склоне распространены изверженные комплексы пород, на западном - осадочные. Четвертичные отложения расположены по долинам рек и состоят из аллювиальных и озерных песков и галечников. В пределах складчатой области довольно широко развиты карстовые явления, которые связаны как с отдельными небольшими прослоями, так и с мощными толщами карбонатных пород. Особенно большое значение карстовые процессы приобретают на западном склоне Урала, где известняковые породы встречаются чаще и их мощность более значительна.

Северокаспийская депрессия морфологически совпадает с территорией Прикаспийской низменности. Четвертичные отложения связаны с трансгрессиями Каспийского моря и разделяются на четыре яруса: бакинский, хазарский, хвалынский и новокаспийский. Строение четвертичных отложений очень сложно и неодинаково изучено. В составе их преобладают морские осадки, неоднократно сменявшиеся маломощными континентальными образованиями. Бакинские отложения представлены преимущественно глинами красно - бурого цвета с прослоями мелко- и тонкозернистых песков. Хазарские отложения представлены главным

образом песками, иногда загипсованными. Широкое распространение имеют также светло - желтые тонкие пористые пылеватые суглинки и супеси лёссовидного облика. Хвалынские отложения распространены широко и покрывают все более древние осадки до отметки 50 м абс. Они представлены песками, глинами шоколадного цвета и бурыми суглинками. Кроме морских хвалынских отложений большое распространение имеют и континентальные, представленные делювиальными палевыми, желто - бурыми лёссовидными суглинками. Самые молодые из четвертичного комплекса являются отложения новокаспийской трансгрессии, которые распространены лишь в прибрежных районах Каспийского моря. Эти отложения представлены пылеватыми светло - серыми песками и супесями, иногда сильно засоленными (Ресурсы ..., 1970).

3.3 Климат

Климатические условия Урало - Эмбинского района формируются под влиянием радиационного баланса, циркуляционных процессов, а также характера подстилающей поверхности. Значительное удаление рассматриваемой территории от Атлантического и Тихого океанов обуславливает здесь континентальный климат. Влияние вод Каспийского моря незначительно и ограничено неширокой прибрежной полосой. В зимний период под действием Азорского и Сибирского антициклонов на большей части территории наблюдается преимущественно ясная и холодная погода. Лето жаркое, с резко возрастающей засушливостью по мере удаления на юг.

Температурные условия в связи с большой протяженностью территории довольно различны. Средняя годовая температура воздуха изменяется от 1°C на северо - востоке бассейна реки до 4°C на юге. Наиболее холодным месяцем повсеместно является январь, когда средняя температура колеблется от -18°C в верховьях Урала до -3°C - на восточном побережье Каспийского моря. При вторжениях арктических воздушных масс

температура воздуха сильно понижается (абсолютный минимум составляет в северо-восточных районах -48°C). Суточная амплитуда температур воздуха велика и в отдельных случаях достигает $25 - 27^{\circ}\text{C}$. Наиболее теплым периодом года повсеместно является июль, когда средняя месячная температура колеблется по территории в пределах $18 - 29^{\circ}\text{C}$, а максимальные температуры достигают 42°C - в верхней части бассейна.

Разнообразие форм рельефа, а также атмосферных процессов, происходящих на территории района, обуславливают большую изменчивость осадков. Годовое количество осадков составляет в верховьях реки около 500 мм, в низовьях – менее 300 мм. Большая часть территории района характеризуется засушливостью. В течение одного - двух месяцев подряд может наблюдаться полное отсутствие осадков. Увлажнение в бассейне р. Урал недостаточное. Средние составляющие годового водного баланса бассейна: осадки 407 мм, слой стока 47 мм, испарение 360 мм; коэффициент стока невелик – 0,12 (Ресурсы ..., 1970).

3.4 Почвы и растительность

Почвенный покров данной территории сильно изменяется в зависимости от рельефа, литологического состава почвообразующих пород и климатических условий. В верховьях бассейна р. Урала развиты южные черноземы, карбонатные, в значительной степени выщелоченные. Это почвы распространены в междуречных пространствах на плоских понижениях с повышенным увлажнением. В верховьях р. Сакмары преобладают темно - каштановые почвы. В бассейне р. Большого Кумака и в низовьях р. Ори распространены каштановые почвы. В центральной части Прикаспийской низменности распространены светло - каштановые и бурые почвы. В условиях повышенного увлажнения по поймам рек и лиманам формируются аллювиальные луговые почвы.

Территория района характеризуется большим разнообразием растительности. В соответствии с зональностью почвенного покрова здесь выделяются растительные сообщества, соответствующие горно - лесной, степной и сухостепной ландшафтным зонам. Горно - лесная зона располагается в основном в бассейнах правых притоков верхнего течения р. Урала и в верховьях р. Сакмары, где склоны отдельных вершин Южного Урала покрыты лесом. Здесь на почвах подзолистого типа развиты елово - пихтовые леса, а на более сухих дренированных площадях - сосновые, встречаются также березы. Лесостепная зона представляет собой открытое пространство. В бассейнах левых притоков верхнего течения р. Урала березовые и осиново - березовые колки сочетаются с луговыми злаково - разнотравными степными растительными ассоциациями. Степная зона охватывает левобережье верхнего и среднего течения р. Урала. В черноземной зоне развиваются умеренно - засушливые и засушливые разнотравно - дерновинно - злаковые степные сообщества. Наиболее распространен здесь красный ковыль. Сухие степи занимают огромные пространства северной части Прикаспийской низменности. Разнотравье в сухих степях весьма скудное, представлено ксерофитными и галофитными видами. Близ южной границы зоны появляются пустынные полукустарники (Ресурсы ..., 1970).

3.5 Гидрография

Гидрографическая сеть бассейна Урала насчитывает 1150 рек с длиной более 10 км, из них 29 протяженностью более 100 км. Густота речной сети в бассейне крайне неравномерна.

Урал берет свое начало у подножия хребтов Нашимтау и Уйташ в 12 км от села Вознесенска Учалинского района Башкортостана. Длина реки составляет 2428 км, а площадь бассейна - 231 тыс. км². Реку подразделяют на три части: верхнее течение от истока до г. Орска (длина 670 км), среднее течение между Орском и Уральском (952 км) и нижнее от Уральска до

Каспийского моря (806 км). На верхнем участке река течёт с севера на юг в узкой долине, имеет горный и полугорный режим. В среднем течении поворачивает на запад, протекает сначала в узкой, а потом в широкой долине, приобретая черты равнинной реки. На нижнем участке с севера на юг по Прикаспийской низменности, имеет широкую пойму с многочисленными старицами. Исток реки находится на высоте 637 м выше уровня моря, а устье - 27 м ниже уровня моря. Падение Урала составляет в среднем 30 см на 1 км (3 промилле). Русло реки на всем протяжении очень извилисто. Коэффициент извилистости составляет 2. Средняя скорость течения в межень составляет 4-5 км/ч, а в половодье - до 10 км/ч. Больших глубин на Урале нет. Обычно плесы имеют глубину 3 - 4 м, а ямы - 6 - 8 м. Средняя ширина русла Урала в межень у Орска составляет 60 м, у Оренбурга - 80 - 100 м, в районе Уральска река становится вдвое шире. Урал и его притоки производят огромную эрозионную работу. Она выражается в линейной эрозии речными потоками в руслах и на пойме, и в плоскостном смыве почвы склоновым стоком на водосборах. Содержание наносов в единице объема (мутность) составляет у Оренбурга в среднем 280 г/м³, у Кушума - 290 г/м³. Суммарный сток наносов сильно колеблется по годам (Чибилев, 2008).

При впадении в Каспийское море река сформировала дельту. Она начинается у пос. Зеленого, более чем за 170 км до современного устья реки. Ее ширина постепенно увеличивается от 10 - 15 км у Зеленого до 60 км в устье. Сток реки в настоящее время распределяется по системам Золотого и Яицкого рукавов. Главным руслом Урала считается Золотой рукав, переходящий в прямолинейный судоходный канал, который постоянно углубляется. Сток в летний период осуществляется только по двум рукавам. Причиной неустойчивого уровня дельты служат многолетние и сезонные колебания уровня Каспийского моря.

Река Урал относится к казахстанскому типу водного режима с резко выраженным преобладанием стока в весенний период (рис. 3). Питание в

основном происходит за счет талых снеговых вод - 60 - 80% объема годового стока. Дождевые осадки составляют 2 - 12%, а подземные воды - 13 - 38%. На весеннее половодье (апрель - май) приходится 60 - 80% годового стока, на два первых летних месяца - 12 - 20%, на август - сентябрь 3 - 7%, на октябрь - ноябрь - 2 - 6%. За четыре месяца зимней межени (декабрь - март) сток составляет всего 3 - 7% от общего (Чибилов, 2008).

Особенностью Урала является резкий подъем уровня воды во время весеннего половодья. Средняя скорость подъема воды 20 - 40 см за сутки. Максимальная скорость подъема воды в среднем течении реки достигает 3 м за сутки. Стоит отметить, что спад воды проходит значительно медленнее - 5 - 10 см за сутки.

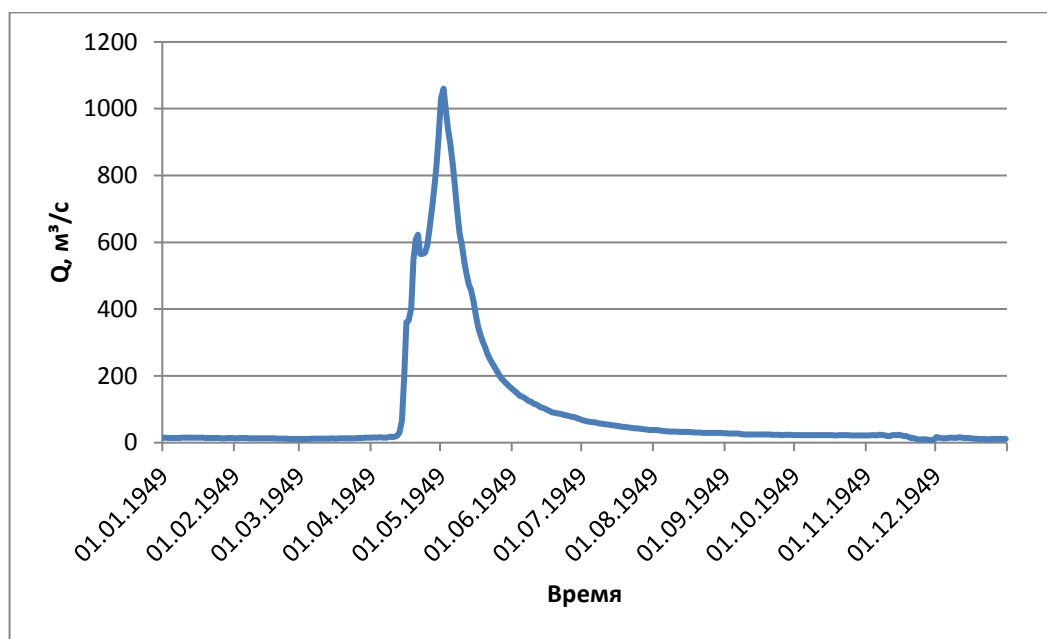


Рисунок 3. Гидрограф стока реки Урал в г. Оренбург

В верховьях река замерзает в начале ноября, в среднем и нижнем течении - в конце ноября, вскрывается в низовьях - в конце марта, в верховьях - в начале апреля. Толщина льда к концу зимы достигает 60 - 80 см. Средняя продолжительность ледостава изменяется от 160 дней на севере до 120 на юге.

Гидрологический режим бассейна р. Урал характеризуется четко выраженной волной весеннего половодья, относительно низкой летне-осенней меженью, иногда прерываемой дождевыми паводками, и небольшим повышением уровня в течение зимы. В начале лета, так же могут происходить довольно резкие колебания уровня, обусловленные попусками воды из расположенных выше водохранилищ. Главной особенностью Урала является чрезвычайная неравномерность стока. Так, в многоводный год общий сток может быть в 10 раз больше, чем в маловодный.

Область питания Урала находится в верхней горной части бассейна и на равнинном участке между городами Орском и Уральском, а южнее, протекая по Прикаспийской низменности, река теряет долю своих вод на отток в рукава, на испарение и фильтрацию в берега, а также не получает дополнительного питания.

Главным притоком Урала является река Сакмара, которая имеет длину 798 км и площадь водосбора 30200 км². Река имеет горный характер, это выражает в высоких скоростях течения, наличии порогов и перекатов. Одним из основных приток также является река Орь, имеющую протяженность 332 км и площадь бассейна 18600 км². Это типичная степная река с хорошо выраженным пиком весеннего половодья, на который приходится значительная доля суммарного годового стока (до 95%). После короткого половодья река начинает мелеть уже в июне. Река Илек – левый приток река Урал с самой большой площадью водосбора из всех притоков – 41000 км², длина реки при это составляет 623 км. Устье располагается в 200 км ниже Оренбурга (Чибилев, 2008).

Изменение основных стокоформирующих факторов по территории и во времени вызывают резкие колебания годового стока. На величину минимального стока оказывает наибольшее влияние приток подземных вод.

3.6 Описание водохранилищ

После создания Ириклинского и Верхнеуральского водохранилищ произошло особенно большое изменение меженного стока. У г. Верхнеуральск почти не сказалось влияние водохранилища, там отношение летне - осеннего и зимнего минимального стока к среднему годовому остались примерно такими же, как и до строительства. В створах, которые расположены ниже водохранилищ - с. Кизильское, с. Уральск, г. Оренбург и с. Кушум - эти соотношения возрастают, минимальный сток существенно увеличивается в результате регулирования (Чибилев, 2008).

Створ плотины водохранилища находится в Ириклинском ущелье в 73 км выше (по реке) г. Орска, у пос. Ириклинский. От устья реки Урал оно находится на расстоянии в 1810 км. Датой возникновения водохранилища считается 28 мая 1955 года, когда были опущены щиты плотины. Наполнение водохранилища началось 28 апреля 1956 г. при отметке 215,8 м. Со второй декады февраля 1957 года начался сброс воды из водохранилища. С 1958 г. началась эксплуатация водохранилища при постоянном водосливе, что дало возможность удерживать весенний паводок в водохранилище. Заполнение продолжалось до 8 мая 1966 г., когда впервые была достигнута отметка нормального подпорного уровня - 245 м над уровнем моря (Чибилев, 2008).

Основные морфометрические характеристики Ириклинского водохранилища представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные морфометрические характеристики Ириклинского водохранилища

Показатель	Величина
Нормальный подпорный уровень (НПУ), абс. м	245
Уровень мертвого объема (УМО), абс. м	228
Полный объём водохранилища при НПУ, км ³	3.257
Полезный объем водохранилища, км ³	2.76
Мертвый объем водохранилища, км ³	0.497
Площадь зеркала водохранилища при НПУ, км ²	260
Площадь зеркала водохранилища при УМО, км ²	83
Отношение полезного объема водохранилища к среднему многолетнему стоку с частного водосбора, км ²	2.16
Длина водохранилища, км	73
Средняя глубина, м	12
Максимальная глубина, м	36
Протяженность береговой линии, км	415

Водосбор водохранилища охватывает верхнее течение р. Урал. До створа гидроузла площадь водосборного бассейна составляет 69 500 км². Расход по створу плотины - 55,4 м³/с. По степени использования речного стока водохранилище относится к водоемам с многолетним регулированием стока. Водообмен происходит в среднем один раз в два года. Доля бокового притока и осадков, выпадающих на поверхность водоема не превышает 15%. К расходным составляющим водного баланса относится: сток через гидроузел, потери на фильтрацию, испарение с поверхности водоема, а также забор воды для орошения земель. В маловодные засушливые годы на долю испарения приходится от 20 до 50 % общих потерь воды. Минимальный попуск из водохранилища составляет 15 м³/с в период открытого русла, и 25 м³/с - для периода ледостава. Понижение уровня воды наблюдается с июля по сентябрь. В это время уровень воды сбрасывается на 1 м (Чибилев, 2008).

Верхнеуральское водохранилище расположено в Верхнеуральском и Агаповском районах Челябинской области, в 17 км к югу от г.

Верхнеуральск, в верхнем течении р. Урал. Расстояние от устья реки до створа плотины 2192 км. Строительство началось в 1960 году для нужд Магнитогорского металлургического комбината. В постоянную эксплуатацию гидротехнические сооружения были введены в 1966 году. Назначение водохранилища - многолетнее компенсационное регулирование стока р. Урал в каскаде с Магнитогорским водохранилищем для обеспечения водой Магнитогорского металлургического комбината г. Магнитогорска, водоснабжения железнодорожного транспортного узла, гидроэнергетики (Чибилев, 2008).

Основные морфометрические характеристики Верхнеуральского водохранилища представлены в таблице 2.

Таблица 2. Основные морфометрические характеристики Верхнеуральского водохранилища

Показатель	Величина
Нормальный подпорный уровень (НПУ), м	382
Полный объём водохранилища при НПУ, млн м ³	601
Полезный объём водохранилища, млн м ³	568.7
Мертвый объём, млн м ³	32.3
Площадь зеркала водохранилища при НПУ, км ²	75.5
Длина водохранилища, км	33
Средняя глубина, м	8
Максимальная глубина, м	22.1
Протяженность береговой линии, км	101

3.7 Обзор исходной информации

В качестве исходной информации использовались данные о среднемесячных и среднегодовых расходах воды по 6 постам (рис. 4), за период наблюдений до и после строительства водохранилищ.

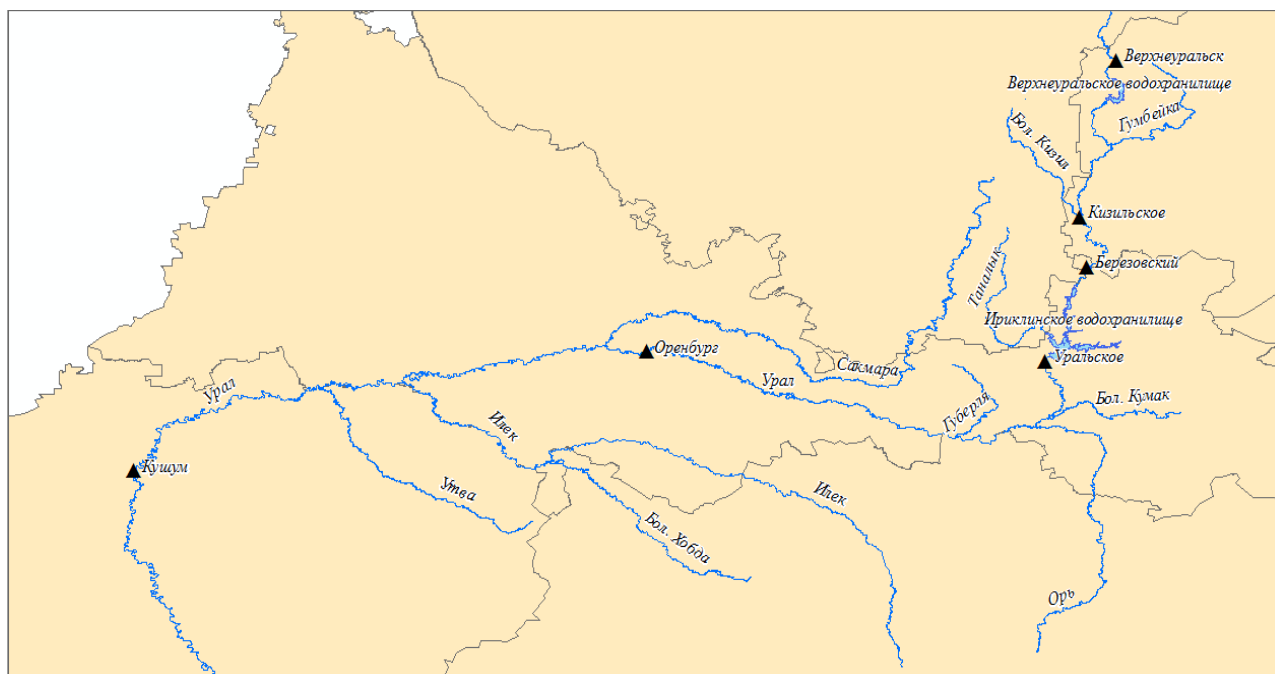


Рисунок 4. Карта-схема исследуемого участка реки Урал (▲ обозначены гидрологические посты)

Гидрологический пост в г. Верхнеуральск расположен в 30 км выше по течению от Верхнеуральского водохранилища, и рассматривался как створ с естественным режимом стока. Период наблюдений составляет 62 года (1943-2004 гг.).

Гидрологические посты с. Кизильское и пос. Березовский расположены в нижнем бьефе Верхнеуральского водохранилища на расстоянии 110 и 190 км от плотины соответственно. Период наблюдений для с. Кизильского составляет 62 года (1943-2004 гг.), а для пос. Березовский 57 лет (1948-2004 гг.).

Гидрологические посты с. Уральское, г. Оренбург и с. Кушум расположены ниже по течению от Ириклинского водохранилища на расстоянии 15, 510 и 1060 км от плотины соответственно. Период наблюдений для с. Уральское составляет 15 лет (1949-1963 гг.), так как в 1963 пост был закрыт, для г. Оренбург 62 года (1943-2004 гг.), а для с. Кушум 38 лет (1943-1980 гг.).

Таблица 3. Информация о постах района исследования

Название поста	Координаты гидрологического поста	Расстояние от устья, км	Рассматриваемый период наблюдений, годы
Верхнеуральск	53°53' с. ш. 59°13' в. д.	2274	1943-2004
Кизильское	52°43'30" с. ш. 58°53'30" в. д.	2014	1943-2004
Березовский	52° 21' 36" с. ш. 58° 57' 34" в. д.	1930	1948-2004
Уральское	52°11'38" с. ш. 58°54'52" в. д.	1798	1949-1963
Оренбург	51°46'00" с. ш. 55°06'00" в. д.	1296	1943-2004
Кушум	50°52'06" с. ш. 51°08'00" в. д.	732	1943-1980

Среднемесечное испарение с водной поверхности было принято по данным водноиспарительной станции Верхнеуральск с континентального испарителя ГГИ – 3000 (Материалы наблюдений за испарением с водной поверхности 1966-1989 гг.).

Для расчета испарения с поверхности суши среднемесечные данные по температуре воздуха и сумме осадков с поправкой на смачивание были взяты по метеорологической станции в г. Верхнеуральск за период с 1966 по 1989 гг.

Глава 4. Анализ полученных результатов

4.1 Проверка исходных рядов на однородность

По методике, изложенной в главе 2 была выполнена оценка однородности среднегодовых (табл. 4) и среднемесячных (табл. 5-6, приложение 1 табл. 1-3) значений расходов воды по критериям Стьюдента и Фишера для каждого рассмотренного гидрологического поста.

Таблица 4. Оценка однородности рядов среднегодовых значений стока

Критерий однородности	Верхнеуральск	Кизильское	Березовский	Оренбург	Кушум
Стьюдента	+	+	+	+	+
Фишера	-	-	+	-	+
t (значение статистики Стьюдента)	0.69	0.02	1.29	0.95	0.60
t_{α} (критическое значение)	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
F (значение дисперсионного отношения)	2.85	3.02	1.57	5.18	2.65
F_{α} (критическое значение)	2.78	2.78	3.18	2.70	2.78

В результате проверки рядов среднегодовых значений расходов воды на однородность (табл. 4) можно сделать вывод о том, что для всех рассмотренных рядов стока гипотеза об однородности не опровергается по критерию Стьюдента, а по критерию Фишера не опровергается только для Березовского и Кушума. Однако, в случае Верхнеуральска и Кизильского

значение дисперсионного отношения незначительно больше критического значения.

В результате проведенных расчетов для г. Верхнеуральск (табл. 5) гипотеза об однородности по критерию Стьюдента не опровергается для всех месяцев. Это позволяет сделать выводы о том, что сток в створе незарегулированный. По критерию Фишера гипотеза об однородности опровергается для 5 месяцев (январь, февраль, апрель, август, декабрь).

Таблица 5. Оценка однородности рядов среднемесячных значений стока в створе г. Верхнеуральск

Месяц / Критерий однородности	Стьюдента	t	t_{α}	Фишера	F	F_{α}
Январь	+	0.143	1.715	-	3.37	2.78
Февраль	+	0.037	1.715	-	3.64	2.78
Март	+	0.391	1.715	+	1.50	2.78
Апрель	+	0.116	1.715	-	3.39	2.78
Май	+	0.083	1.715	+	1.52	2.78
Июнь	+	0.566	1.715	+	1.15	2.78
Июль	+	1.146	1.715	+	2.49	2.78
Август	+	0.397	1.715	-	5.12	2.78
Сентябрь	+	0.044	1.715	+	1.81	2.78
Октябрь	+	0.248	1.715	+	2.52	2.78
Ноябрь	+	0.712	1.715	+	1.49	2.78
Декабрь	+	0.685	1.715	-	4.09	2.78

Для створа с. Кизильское (табл. 6) значения среднемесячных расходов воды неоднородны для января, февраля, марта и декабря. Это показывает, что именно в эти месяцы происходит изменение стока после создания водохранилища. По дисперсии неоднородными являются только ряды среднемесячных расходов воды за июнь и октябрь.

Таблица 6. Оценка однородности рядов среднемесячных значений стока в створе с. Кизильское

Месяц / Критерий однородности	Стьюдента	t	t_{α}	Фишера	F	F_{α}
Январь	-	3.405	1.715	+	1.01	2.78
Февраль	-	3.646	1.715	+	1.06	2.78
Март	-	2.002	1.715	+	1.01	2.78
Апрель	+	0.375	1.715	+	2.58	2.78
Май	+	0.336	1.715	+	1.06	2.78
Июнь	+	0.657	1.715	-	3.45	2.78
Июль	+	0.183	1.715	+	1.52	2.78
Август	+	0.139	1.715	+	1.86	2.78
Сентябрь	+	0.424	1.715	+	1.47	2.78
Октябрь	+	0.273	1.715	-	4.89	2.78
Ноябрь	+	1.489	1.715	+	1.282	2.78
Декабрь	-	2.379	1.715	+	2.732	2.78

Оценка однородности среднемесячных значений в створе пос. Березовский (приложение 1 табл. 1) показала, что гипотеза об однородности не опровергается для рядов стока за апрель, май и июнь. Это показывает, что в эти месяцы не происходит изменения режима стока. По критерию Фишера однородными являются ряды среднемесячных значений только за май и декабрь. В остальные месяцы существенно возрастает изменчивость дисперсии, что и приводит к неоднородности рядов.

При анализе оценки однородности в створе г. Оренбург (приложение 1 табл. 2) можно сделать вывод о том, что однородными по критерию Стьюдента являются ряды значений за апрель, июль и август, а по критерию Фишера - за январь, март, июнь, сентябрь, ноябрь и декабрь.

Из полученных данных для створа с. Кушум (приложение 1 табл. 3) значения среднемесячных расходов воды неоднородны для февраля и декабря. По дисперсии гипотеза об однородности опровергается для рядов за январь и за период с августа по ноябрь.

4.2 Анализ суммарных интегральных кривых

Для определения изменений стока в выбранных створах были построены и проанализированы графики суммарных интегральных кривых среднегодовых и среднемесячных объемов воды.

Интегральные кривые годовых объемов воды, построенные для всех створов (рис. 5-7, приложение рис. 1-3) имеют вид прямой линии, на графиках отсутствуют какие-либо точки перелома. Это позволяет сделать вывод о том, что Верхнеуральское и Ириклинское водохранилища не перераспределяют сток между маловодными и многоводными годами.

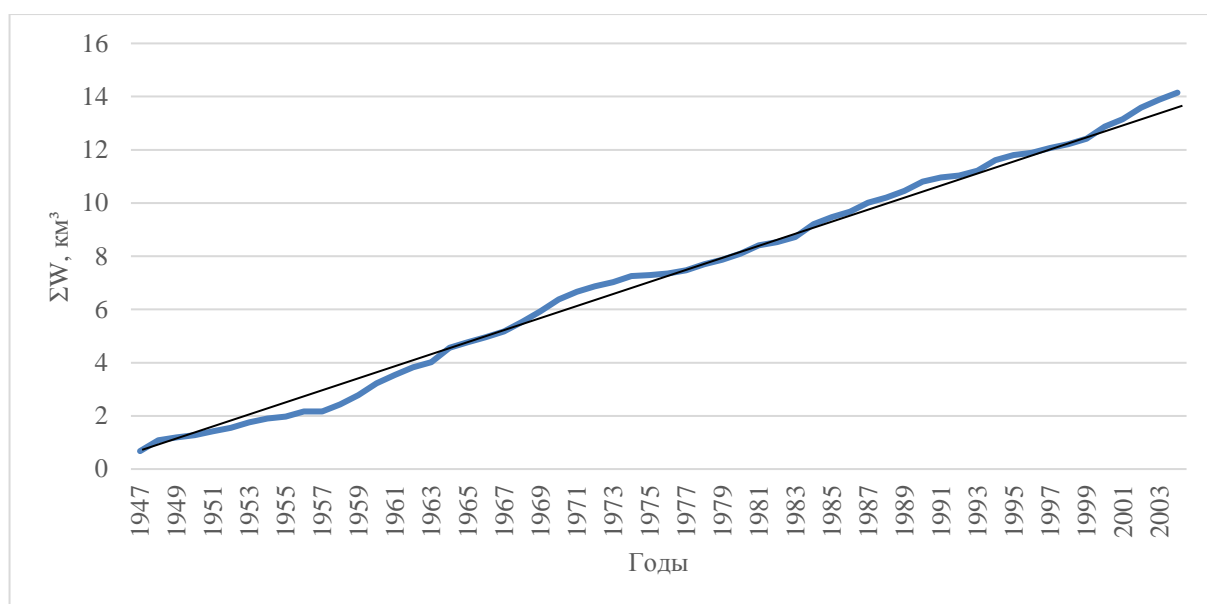


Рисунок 5. Суммарная интегральная кривая среднегодовых значений объемов стока в створе поста г. Верхнеуральск

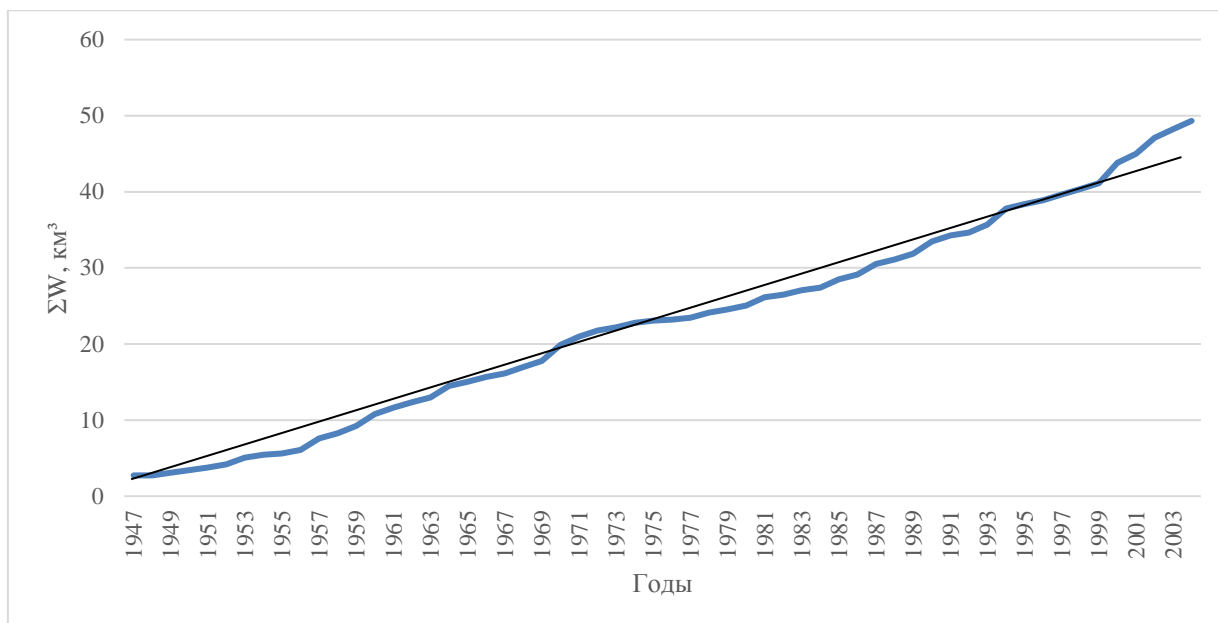


Рисунок 6. Суммарная интегральная кривая среднегодовых значений объемов стока в створе поста с. Кизильское

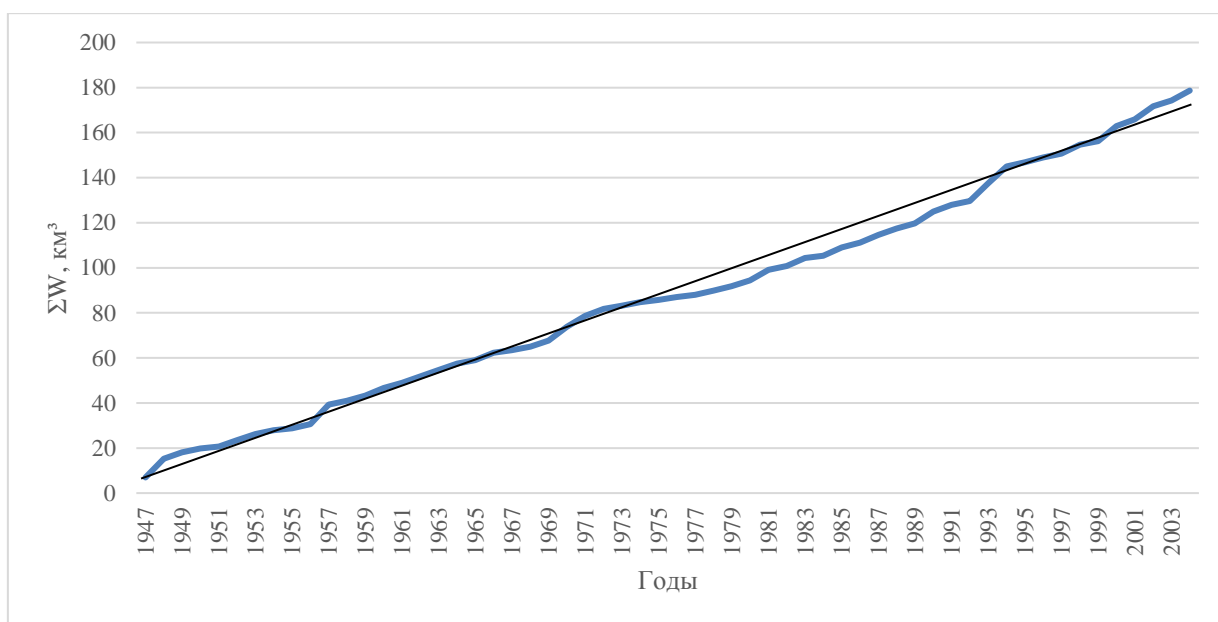


Рисунок 7. Суммарная интегральная кривая среднегодовых значений объемов стока в створе поста г. Оренбург

В створе поста г. Верхнеуральск (приложение 2 рис. 4-15) для всех месяцев кривые не имеют четкую точку перегиба и представляют собой в основном прямые линии. Это говорит о том, что на данном посту не

произошло никаких изменений после введения водохранилищ в эксплуатацию. Следовательно, в данном створе сток можно считать естественным.

На графиках нарастающих кривых для с. Кизильское (рис. 8-10, приложение 2 рис. 16-24) наблюдается увеличение стока по сравнению с естественным в следующие месяцы: январь, февраль, март, июль и август. Это позволяет сделать вывод о том, что в эти месяцы прослеживается влияние расположенного выше по течению Верхнеуральского водохранилища. Точка перелома совпадает с годом введения водохранилища в эксплуатацию. В месяцы половодья (апрель-май) значения стока остаются неизменными, что свидетельствует об отсутствии регулирования в эти месяцы. Очевидно это связано с компенсацией снижения стока водохранилищем боковой приточностью на участке.

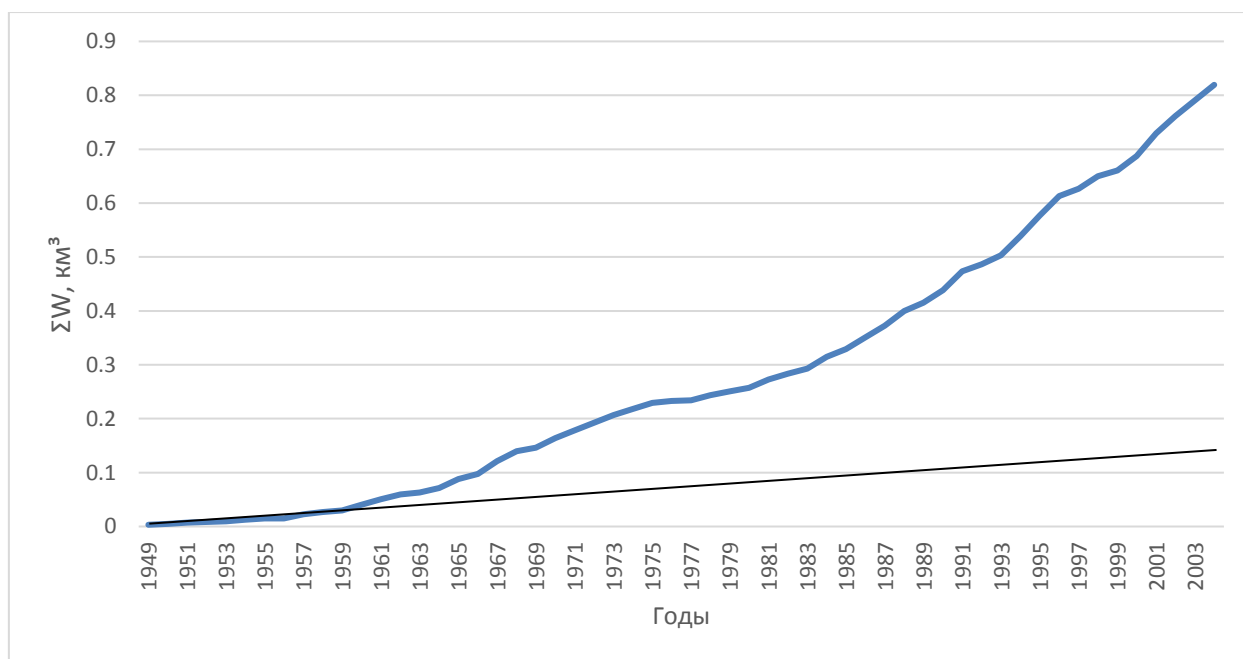


Рисунок 8. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за январь в створе поста с. Кизильское

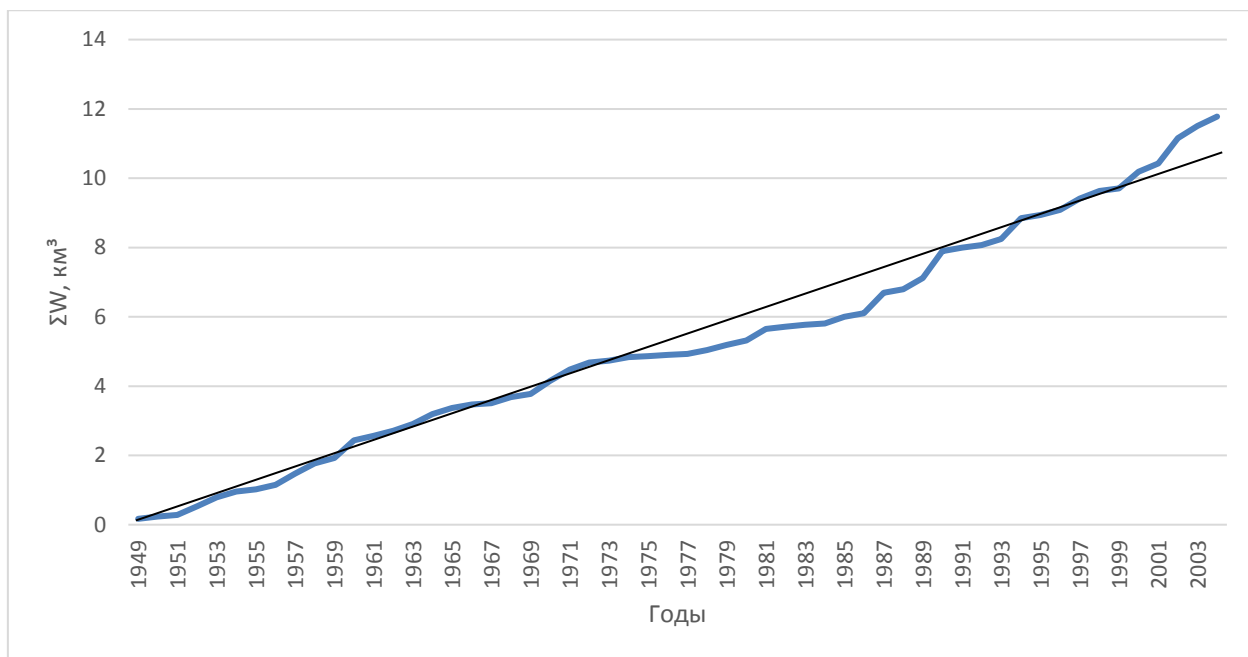


Рисунок 9. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за май в створе поста с. Кизильское

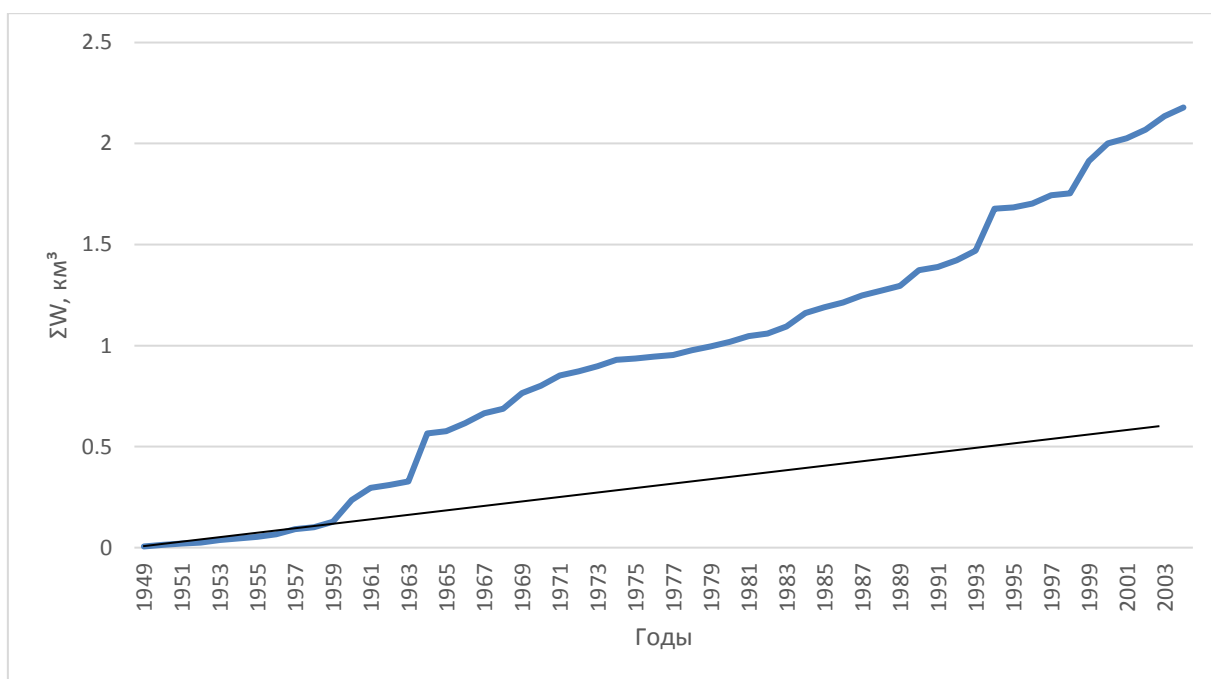


Рисунок 10. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за август в створе поста с. Кизильское

Влияние Верхнеуральского водохранилища распространяется на пост в пос. Березовский (приложение 2 рис. 25-36) с января по март и с июня по август. В эти месяцы минимального стока происходит его увеличение, за счет дополнительных попусков воды. В месяцы весеннего половодья (апрель-май) также не происходит изменение величины стока, поскольку присутствует значительная боковая приточность на участке.

В створе с. Уральское (приложение 2 рис. 37-48) по графикам видно, что влияние Ириклинского водохранилища сказывается во все месяцы. Наблюдается перераспределение стока, в месяцы минимального стока происходит его увеличение, а в месяцы прохождения половодья – уменьшение.

Анализ графиков нарастающих кривых (рис. 11-13, приложение 2 рис. 49-57) в створе поста г. Оренбург показал, что во все месяцы, кроме апреля и июня происходит изменение стока. В период весеннего половодья значительную компенсационную роль играет боковой приток на участке. Одним из крупных является р. Орь. После строительства водохранилища, в 1958 и 1959 годах расход Ори в апреле в несколько раз был больше, чем в створе с. Уральское, которое располагается вблизи плотины. В мае вклад притоков не так значителен, поэтому влияние Ириклинского водохранилища прослеживается до г. Оренбург. В остальные месяцы происходит увеличение стока за счет сброса воды из Ириклинского водохранилища.

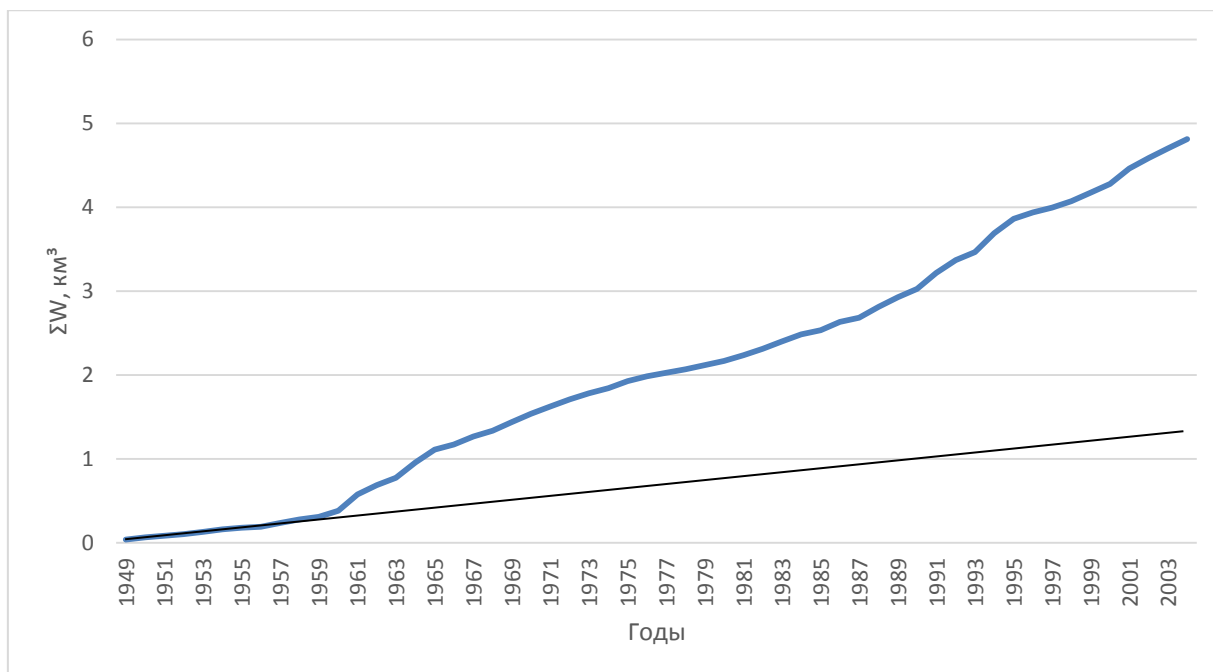


Рисунок 11. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за январь в створе поста г. Оренбург

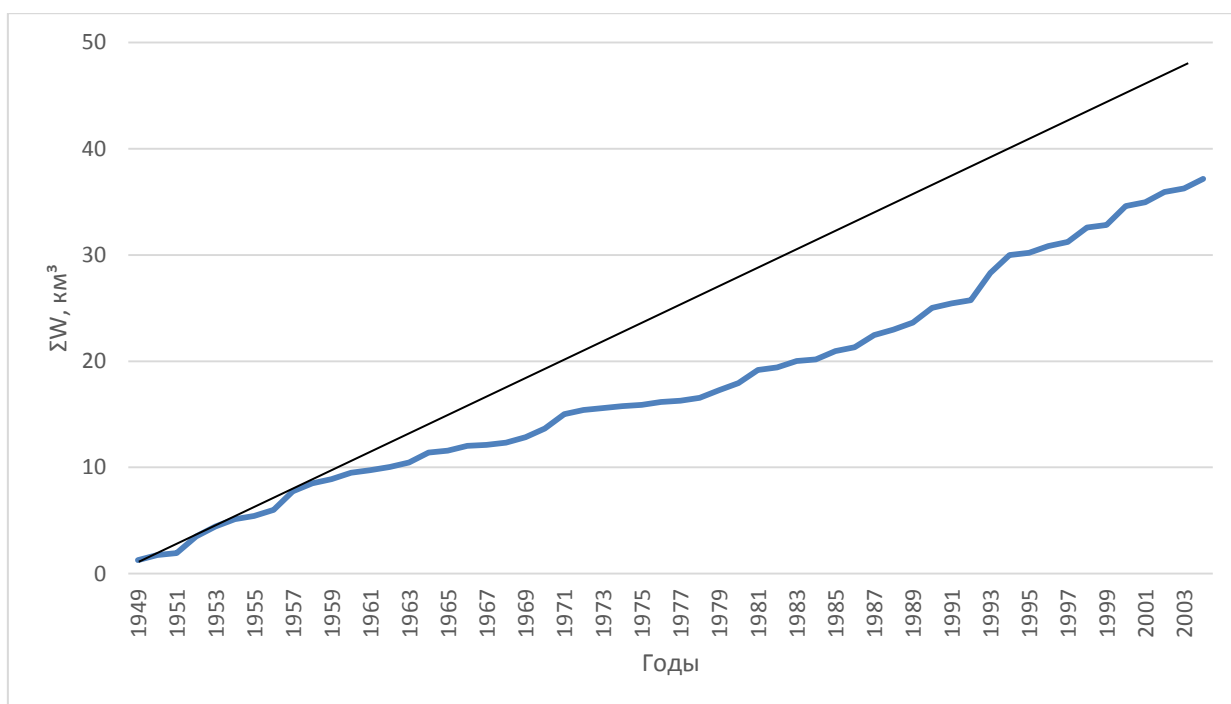


Рисунок 12. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за май в створе поста г. Оренбург

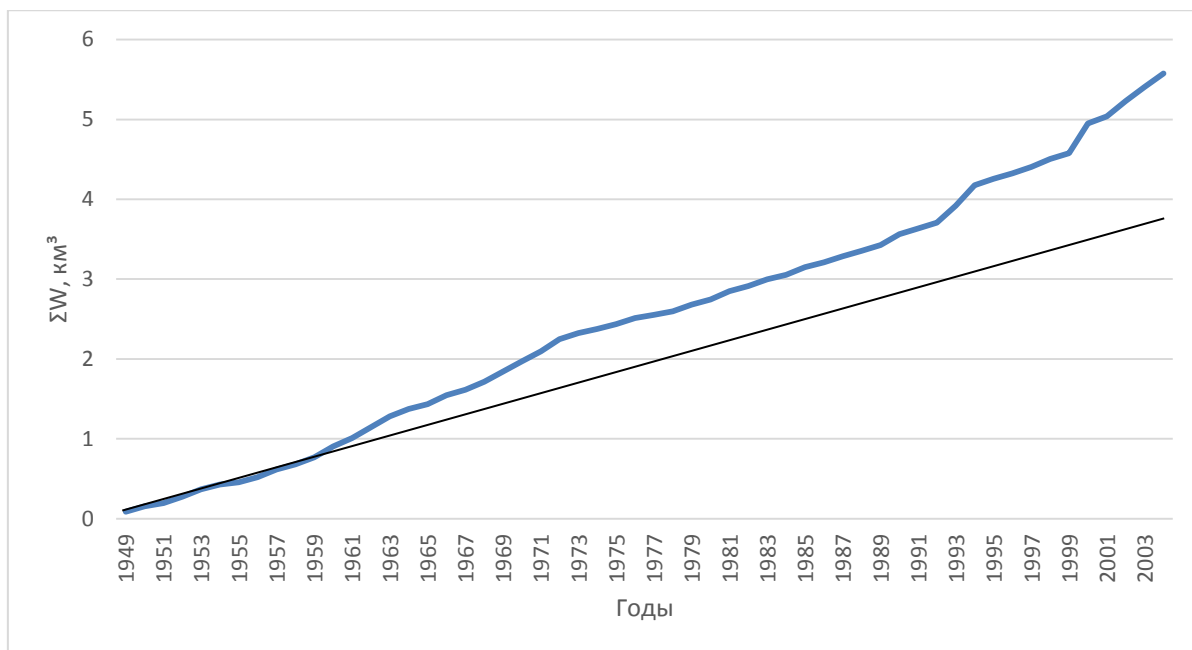


Рисунок 13. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за август в створе поста г. Оренбург

При анализе графиков интегральных кривых в с. Кушум (приложение 2 рис. 58-69) можно сделать вывод о том, что в створе поста прослеживается влияние водохранилища за счет увеличения стока в месяцы минимального стока (январь, февраль, март и декабрь). В апрель и май не сказывается изменение стока в связи с расположением поста на большом расстоянии от створа плотины и с увеличением роли притоков в формировании половодья.

4.3 Оценка изменений стока

Анализ изменения стока за рассматриваемый период показал (табл. 7):

Таблица 7. Изменение объемов стока за период после строительства водохранилищ

	с. Кизильское (1960-2004 гг.)		пос. Березовский (1960 - 2004 гг.)		г. Оренбург (1959 - 2004 гг.)		с. Кушум (1959-1980 гг.)	
Месяцы	ΔW за период, км ³	ΔW ср. месячный, км ³	ΔW за период, км ³	ΔW ср. месячный, км ³	ΔW за период, км ³	ΔW ср. месячный, км ³	ΔW за период, км ³	ΔW ср. месячный, км ³
Январь	0.6	0.014	0.6	0.014	3.3	0.072	1.8	0.078
Февраль	0.6	0.014	0.5	0.011	4	0.087	1.7	0.074
Март	1	0.023	1.2	0.027	7.4	0.161	3.3	0.143
Апрель	0	0.0	0	0	0	0	0	0
Май	0	0.0	0	0	-9	-0.196	0	0
Июнь	0	0.0	1.4	0.032	0	0	0	0
Июль	1.7	0.039	2.1	0.048	1.6	0.035	0	0
Август	1.6	0.036	1.5	0.034	1.7	0.037	0	0
Сентябрь	0	0	0	0	1.9	0.041	0	0
Октябрь	0	0	0	0	2.5	0.054	0	0
Ноябрь	0	0	0	0	2.4	0.052	0	0
Декабрь	0	0	0	0	2.1	0.046	1.5	0.065

1. В створе с. Кизильское сток в зимние месяцы (январь, февраль) за период (1960-2004 гг.) в среднем увеличивался на 0.6 км³, в марте и летние месяцы происходило большее увеличение стока - от 1 до 1.7 км³. Среднемесячные значения стока изменяются от 0.014 до 0.039 км³.

2. В створе пос. Березовский за период (1960-2004 гг.) происходило увеличение значений стока по сравнению с естественными в период январь-март от 0.5 до 1.2 км³ и в среднем на 0,8 км³, а в летние месяцы от 1.4 до 2.1 км³ и в среднем на 1.7 км³. Среднемесячные значения с января по март меняются от 0.011 до 0.027 км³, а в летние месяцы от 0.032 до 0.048 км³.

3. В створе г. Оренбург за период (1959-2004 гг.) сток увеличивается с января по март и с июля по декабрь. В первый период происходит увеличение от 3.3 до 7.4 км³ и в среднем на 4.9 км³, а во второй период – от 1,6 до 2,5 км³ и в среднем на 2 км³. Среднемесячное увеличение за первый период изменяется от 0.072 до 0.161 км³, а во второй – от 0.035 до 0.054 км³.

Стоит отметить, что в мае происходит уменьшение стока на 9 км³, связано это с регулированием стока Ириклинским водохранилищем.

4. В створе с. Кушум изменение стока происходит только в зимние месяцы и в марте, его значения за период (1959-2004 гг.) изменяются от 1.5 до 3.3 км³ и в среднем составляют 2.1 км³. Среднемесячные значения за это месяцы меняются от 0.065 до 0.143 км³.

4.4 Расчет потерь на дополнительно испарение

Одной из значимых видов потерь стока является дополнительные потери на испарение, особенно для водохранилищ, расположенных в зоне недостаточного увлажнения.

Результаты расчетов испарения с поверхности суши и водной поверхности представлены в таблице 8.

Таблица 8. Процентное отношение потерь воды на испарение от естественного стока

Месяцы	W стока за естественный период, км ³	Среднемесячное испарение с водной поверхности, мм	Среднемесячное испарение с поверхности суши, мм	ΔZ дополнительное испарение, км ³	Потери воды на испарение от естественного стока, %
Июнь	0.069	124	57	0.017	25
Июль	0.045	145	62	0.022	49
Август	0.04	118	33	0.022	55
Сентябрь	0.04	106	15	0.024	60

В таблице 8 показано процентное соотношение потерь стока на дополнительное испарение после строительства Ириклинского водохранилища к среднемесячному объему стока за период естественного стока. Минимальное значение наблюдается в июне (25%), а максимальное в сентябре (60%). В среднем потери составили 47%. Среднее значение

испарения с водной поверхности за выбранные месяцы составило 123 мм, а с поверхности суши – 42 мм.

Заключение

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы.

При анализе исходной информации было установлено, что на всех гидрологических постах, кроме Верхнеуральска ряды наблюдений не являются однородными, что указывает на наличие изменений стока под влиянием водохранилищ.

По графикам нарастающих суммарных кривых можно с достаточной точностью установить факт хозяйственного воздействия на речной сток, путем строительства водохранилищ и выполнить количественную оценку изменений стока за период, которая показала следующее.

Влияние Верхнеуральского водохранилища на створ нижнего бьефа пос. Березовский выражается в увеличении стока с января по март (от 0,5 до 1,2 км³) и в летние месяцы, когда сток увеличивается в среднем на 1,7 км³. В остальные месяцы изменение стока не было зафиксировано. В период половодья (апрель-май) происходит компенсация снижения стока водохранилищем за счет значительной боковой приточности на участке.

Влияние Ириклинского водохранилища в створе в непосредственной близости от плотины (с. Уральское) происходит как в меженные месяцы, так и в половодье. В г. Оренбурге, расположенном на расстоянии 510 км от плотины, с января по март и с июля по декабрь происходит увеличение стока, в среднем на 3 км³. В мае сток уменьшается за счет влияния водохранилища на 9 км³. В с. Кушум, расположенном на расстоянии 1060 км влияние водохранилища прослеживается в увеличении стока за январь, февраль и март, т.е. в наиболее маловодные месяцы.

Оценка потерь стока на дополнительное испарение после строительства Ириклинского водохранилища к среднемесечному объему стока за период естественного стока показала следующее: минимальное

значение наблюдается в июне (25%), а максимальное в сентябре (60%). В среднем потери составили 47%.

Список литературы

Монографии:

1. Вуглинский В. С. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1991, 223 с.
2. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчеты, Л.: Гидрометеиздат, 1946. – 480 с.
3. Шелутко В.А. Численные методы прогнозов в гидрологии, Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 238 с.

Статьи в сборниках:

1. Вуглинский В.С., Албул И.П. Методика расчета испарения с водной поверхности по данным наземного испарителя ГГИ-3000, Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2016. Вып. 3
2. Хорецкая А.С. Потери стока в дельте р. Кубани и их изменения под влиянием хозяйственной деятельности. Труды ГГИ. Вып. 239. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 78-100.
3. Чибилев А.А. "Бассейн Урала: история, география, экология". Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 312с.
4. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Л.: Гидрометеиздат, 1989, 333 с.
5. Шикломанов И.А. Оценка изменения стока реки Волги у Волгограда под влиянием хозяйственной деятельности. Труды ГГИ. Вып. 229. Л.: Гидрометеиздат, 1975. С. 3-36.
6. Шикломанов И.А., Веретенникова Г.М. Влияние водохранилищ на годовой сток рек СССР. Труды ГГИ. Вып. 239. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 3-48.
7. Шикломанов И.А., Кожевников В.П. Потери стока в Волго-Ахтубинской пойме и дельте р. Волги и их изменения под влиянием

- хозяйственной деятельности. Труды ГГИ. Вып. 221 Л.: Гидрометеиздат, 1974. С. 3-47.
8. Шикломанов И.А., Леонов Е.А., Смирнова Л.Е. Сток в дельте р. Терека и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности. Труды ГГИ. Вып. 229. Л.: Гидрометеиздат, 1975. С. 86-106.
 9. Шикломанов И.А., Хорецкая А.С. Оценка изменений стока р. Кубани под влиянием хозяйственной деятельности. Труды ГГИ. Вып. 229. Л.: Гидрометеиздат, 1975. С. 36-55.
 10. Шелутко В.А. Методы обработки и анализа гидрологической информации, Учебно-методическое пособие. — Санкт-Петербург: Издательство СПбГУ, 2007. — 192 с.

Фондовые материалы:

1. Гидрологический ежегодник 1943 – 2004 г. Том 4. Бассейн Каспийского моря (без Кавказа и Средней Азии). Выпуск 9, Л.: Управление гидрометеорологической службы Казахской ССР.
2. Материалы наблюдений за испарением с водной поверхности 1966 – 1989 г. Выпуск 1.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 12. Нижнее Поволжье и западный Казахстан. Под редакцией И.Б. Вольфцуна и К.И. Смирнова, Гидрометеиздат, Ленинград, 1970 г.

Ресурсы сети Интернет:

1. <http://meteo.ru/>

Приложение 1

Таблица 1. Оценка однородности рядов среднемесячных значений стока в створе пос. Березовский

Месяц / Критерий однородности	Стьюдента	t	ta	Фишера	F	Fa
Январь	-	3.185	1.734	-	9.034	3.18
Февраль	-	4.131	1.734	-	11.723	3.18
Март	-	3.655	1.734	-	106.478	3.18
Апрель	+	0.089	1.734	-	7.725	3.18
Май	+	0.159	1.734	+	1.49	3.18
Июнь	+	1.574	1.734	-	4.738	3.18
Июль	-	1.916	1.734	-	244.404	3.18
Август	-	1.987	1.734	-	111.386	3.18
Сентябрь	-	2.451	1.734	-	19.747	3.18
Октябрь	-	2.91	1.734	-	7.196	3.18
Ноябрь	-	3.016	1.734	-	3.365	3.18
Декабрь	-	4.455	1.734	+	1.875	3.18

Таблица 2. Оценка однородности рядов среднемесячных значений стока в створе г. Оренбург

Месяц / Критерий однородности	Стьюдента	t	ta	Фишера	F	Fa
Январь	-	4.237	1.711	+	2.311	2.7
Февраль	-	5.518	1.711	-	6.807	2.7
Март	-	2.282	1.711	+	1.681	2.7
Апрель	+	1.071	1.711	-	6.346	2.7
Май	-	2.509	1.711	-	3.459	2.7
Июнь	-	2.286	1.711	+	1.902	2.7
Июль	+	0.496	1.711	-	4.266	2.7
Август	+	0.154	1.711	-	6.886	2.7
Сентябрь	-	1.846	1.711	+	2.584	2.7
Октябрь	-	2.38	1.711	-	3.263	2.7
Ноябрь	-	3.234	1.711	+	1.204	2.7
Декабрь	-	4.66	1.711	+	1.496	2.7

Таблица 3. Оценка однородности рядов среднемесячных значений стока в створе с. Кушум

Месяц / Критерий однородности	Стьюдента	t	ta	Фишера	F	Fa
Январь	+	1.167	1.715	-	3.604	2.78
Февраль	-	1.95	1.715	+	2.154	2.78
Март	+	1.27	1.715	+	1.19	2.78
Апрель	+	0.687	1.715	+	2.56	2.78
Май	+	0.716	1.715	+	2.068	2.78
Июнь	+	1.144	1.715	+	1.906	2.78
Июль	+	0.568	1.715	+	2.099	2.78
Август	+	0.221	1.715	-	3.152	2.78
Сентябрь	+	0.441	1.715	-	3.647	2.78
Октябрь	+	1.265	1.715	-	5.478	2.78
Ноябрь	+	1.198	1.715	-	3.732	2.78
Декабрь	-	1.808	1.715	+	2.622	2.78

Приложение 2

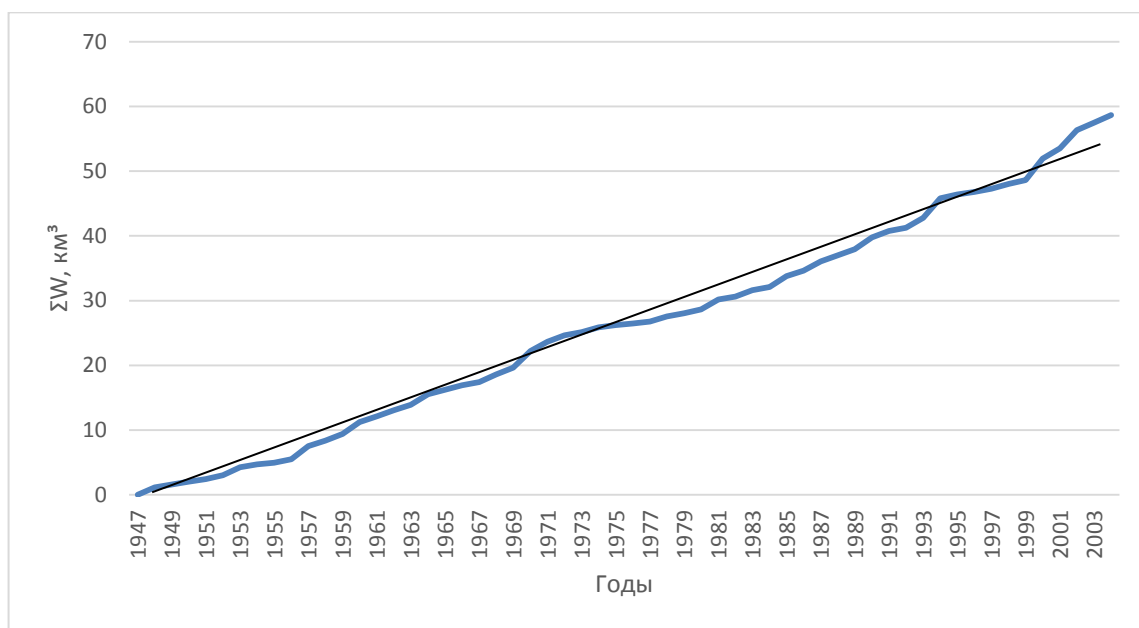


Рисунок 1. Суммарная интегральная кривая среднегодовых значений объемов стока в створе поста пос. Березовский

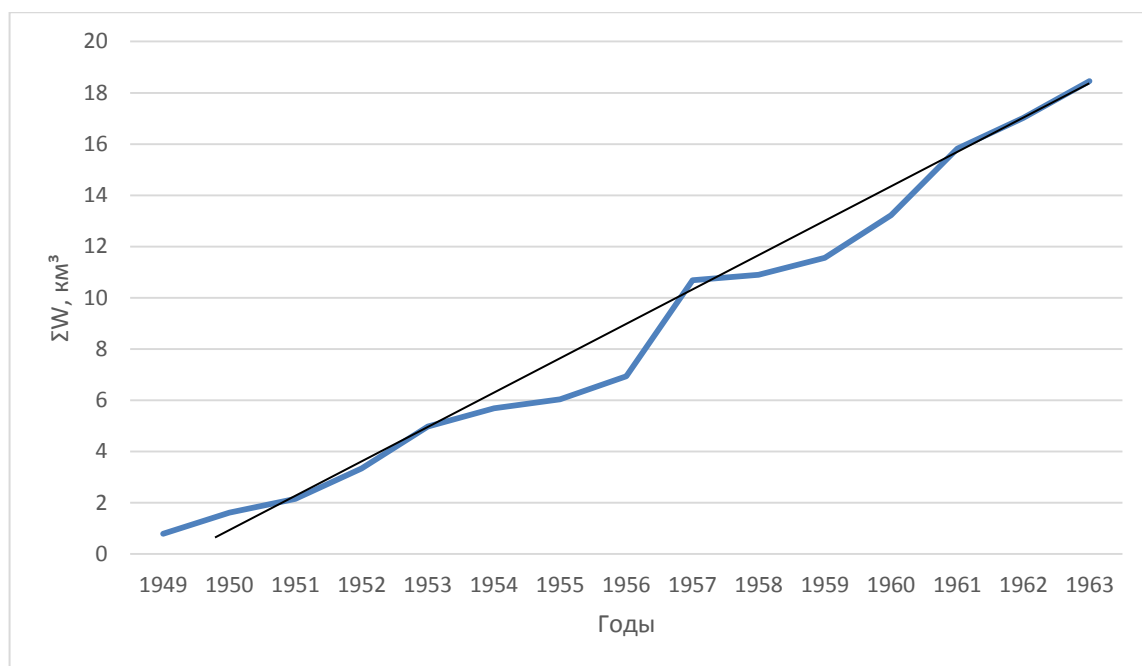


Рисунок 2. Суммарная интегральная кривая среднегодовых значений объемов стока в створе поста с. Уральское

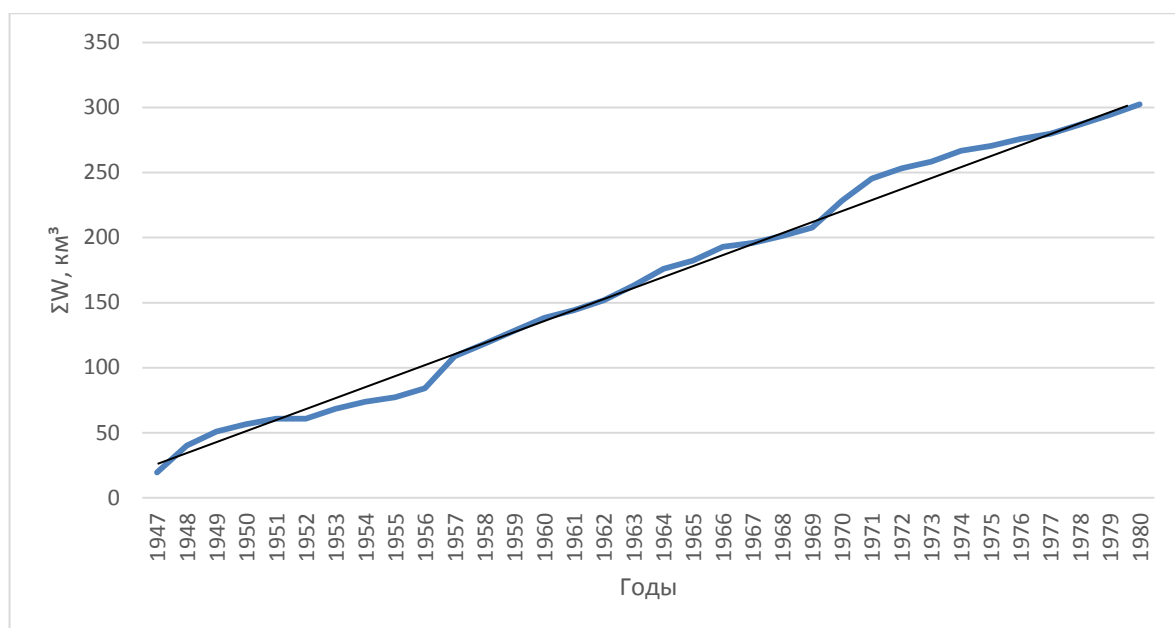


Рисунок 3. Суммарная интегральная кривая среднегодовых значений объемов стока в створе поста с. Кушум

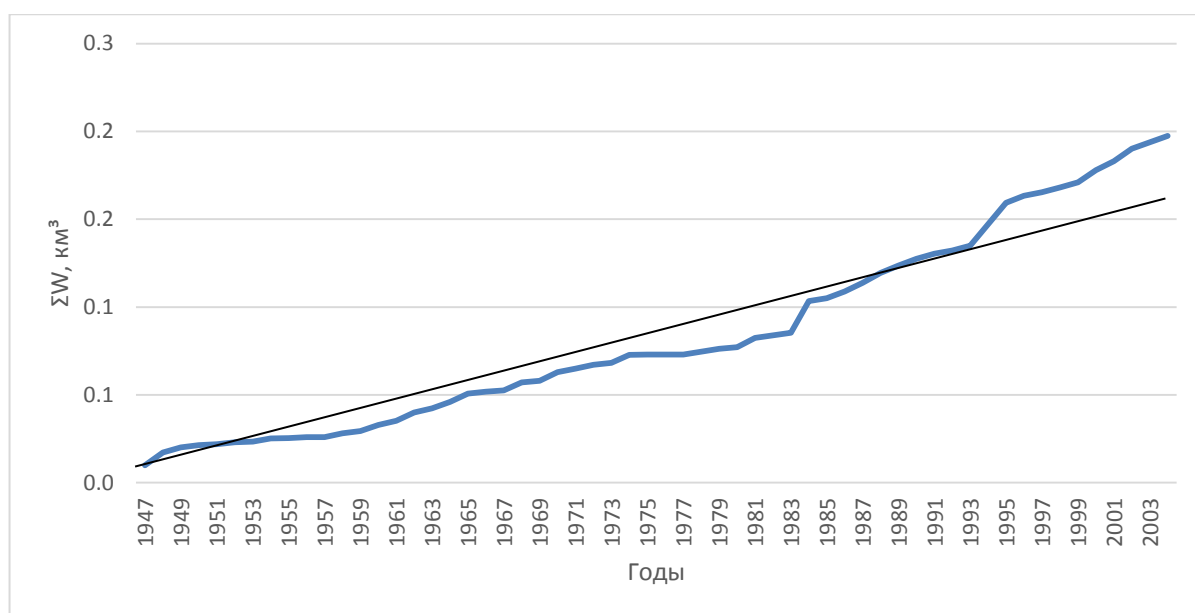


Рисунок 4. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за январь в створе поста г. Верхнеуральск

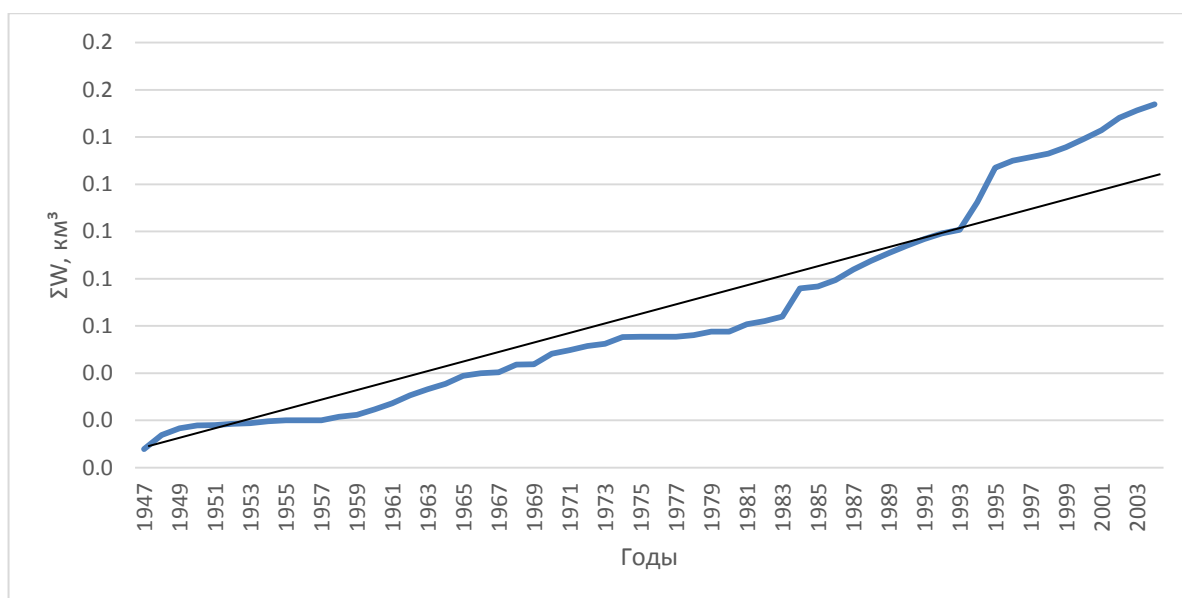


Рисунок 5. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за февраль в створе поста г. Верхнеуральск

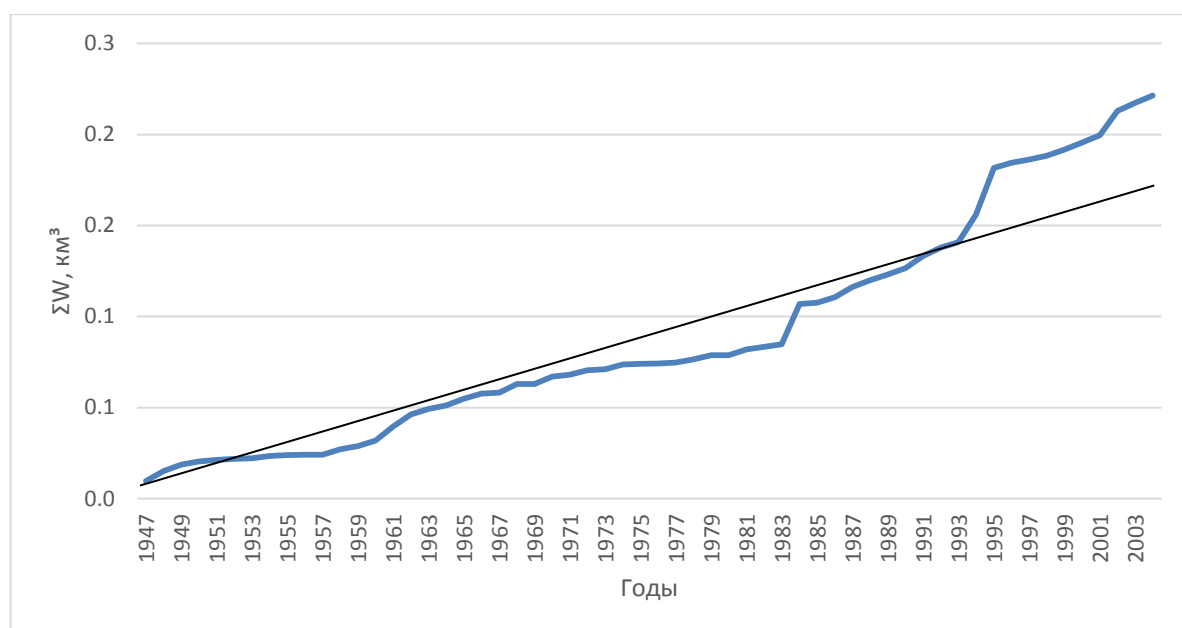


Рисунок 6. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за март в створе поста г. Верхнеуральск

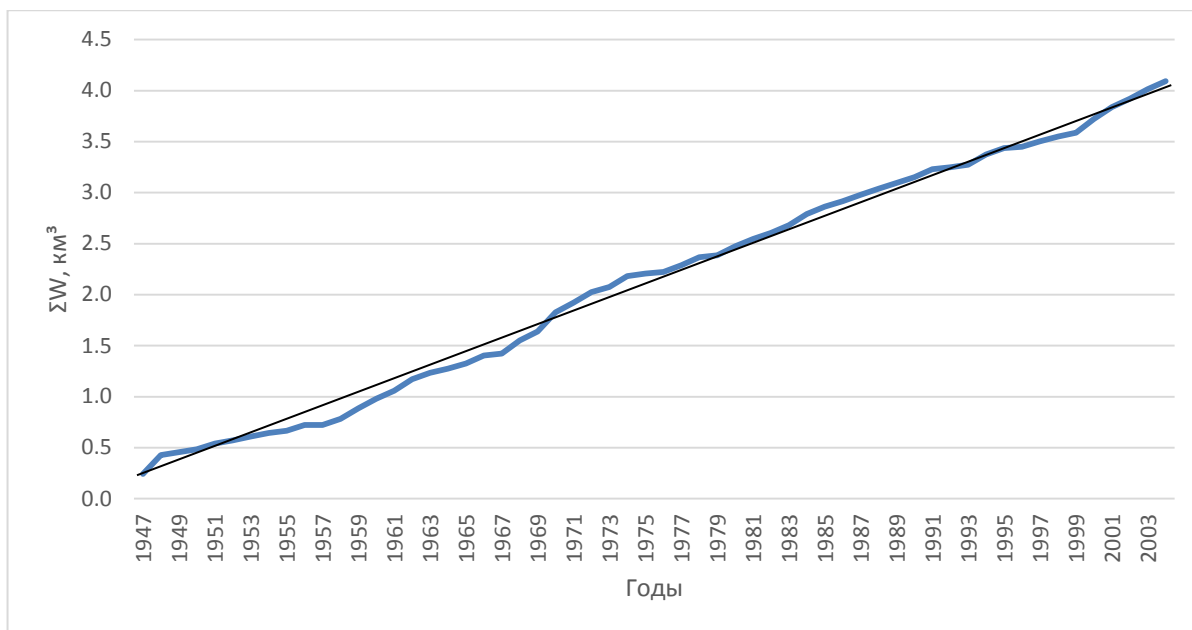


Рисунок 7. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за апрель в створе поста г. Верхнеуральск

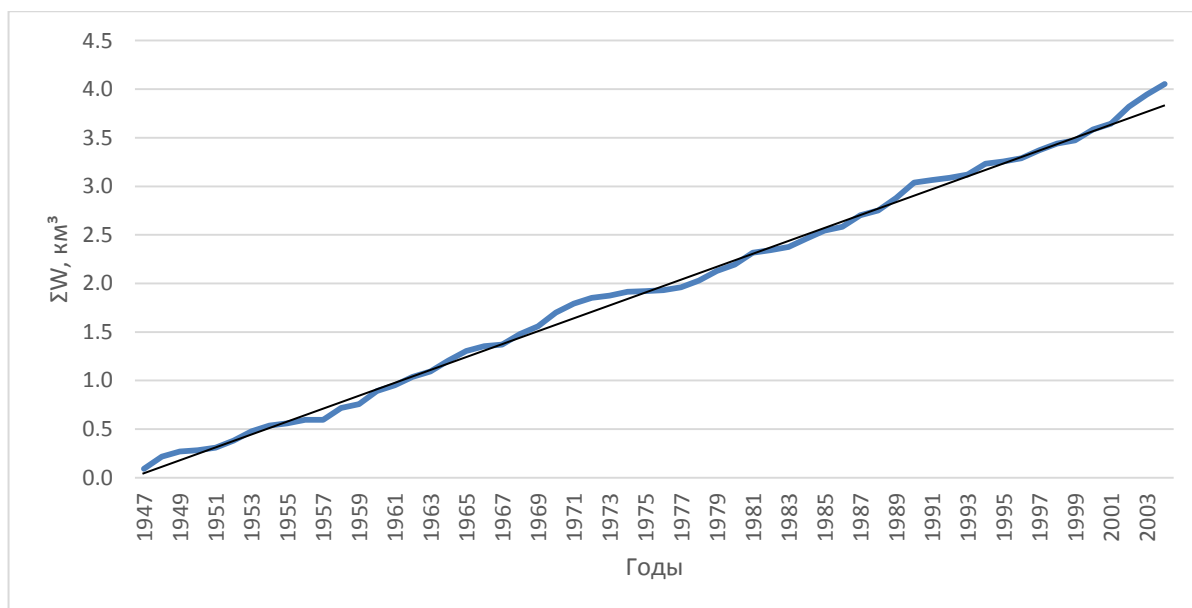


Рисунок 8. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за май в створе поста г. Верхнеуральск

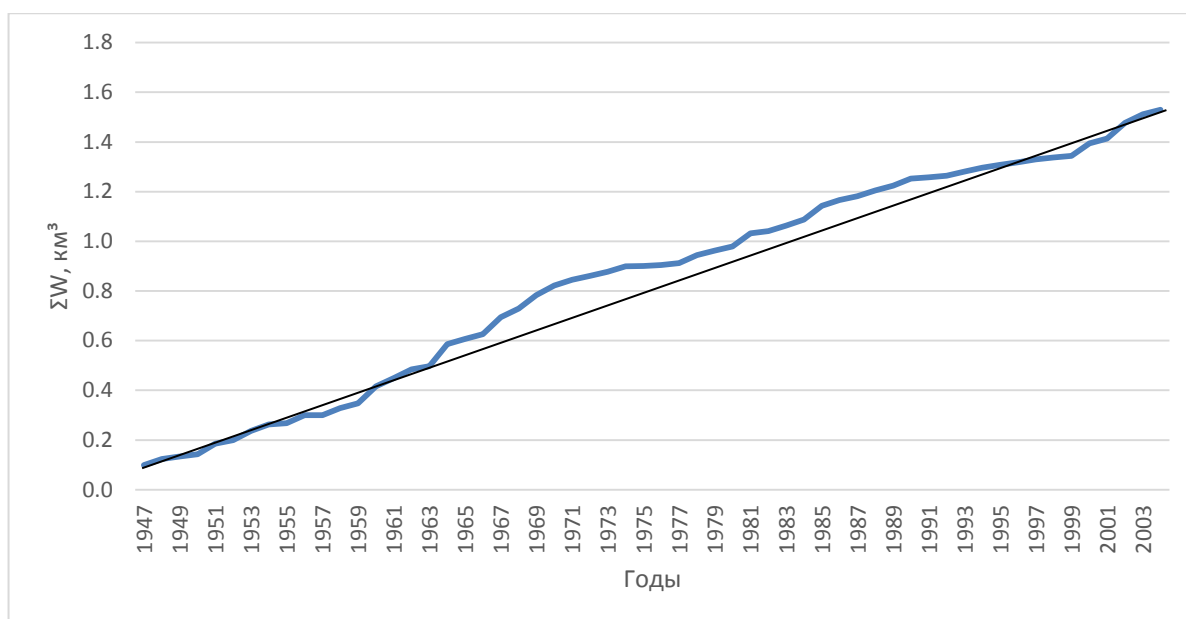


Рисунок 9. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июнь в створе поста г. Верхнеуральск

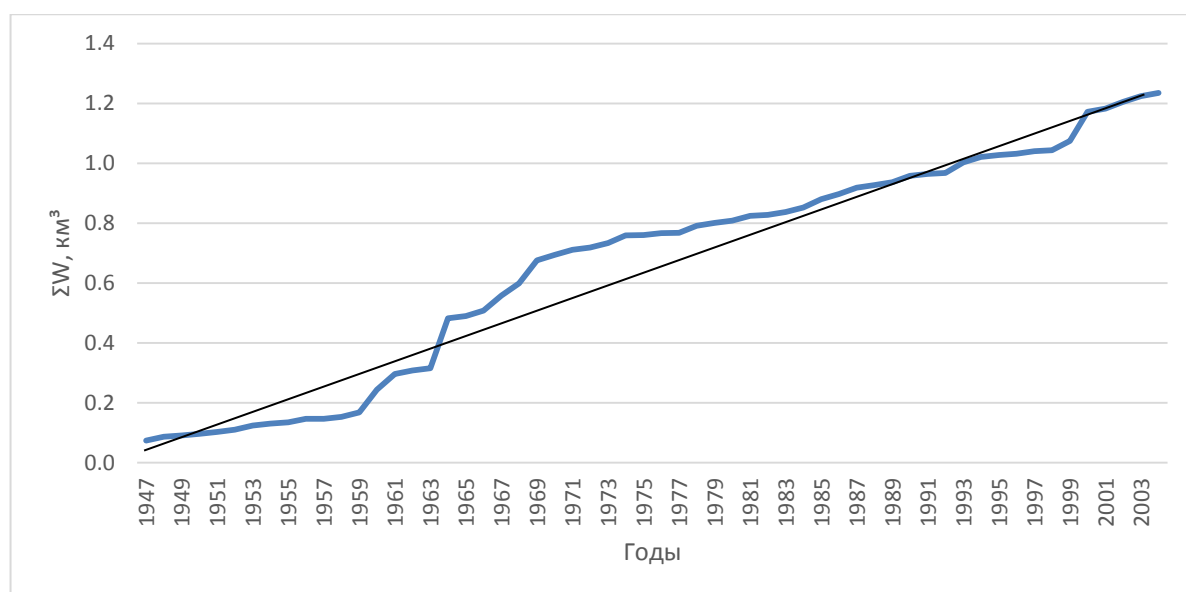


Рисунок 10. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июль в створе поста г. Верхнеуральск

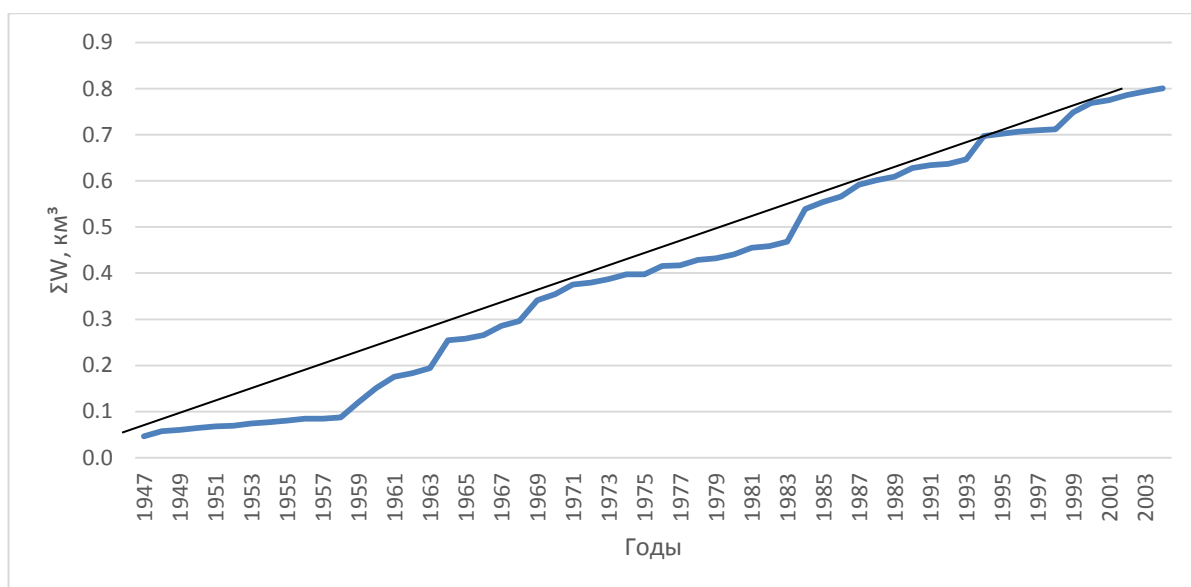


Рисунок 11. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за август в створе поста г. Верхнеуральск

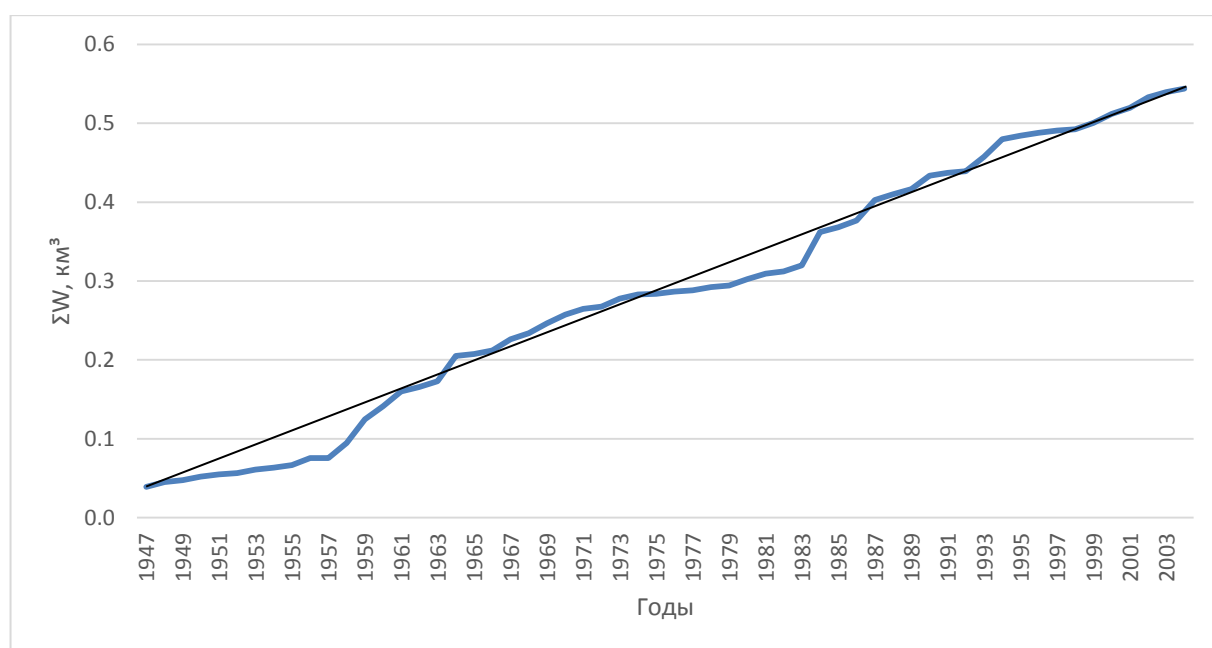


Рисунок 12. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за сентябрь в створе поста г. Верхнеуральск

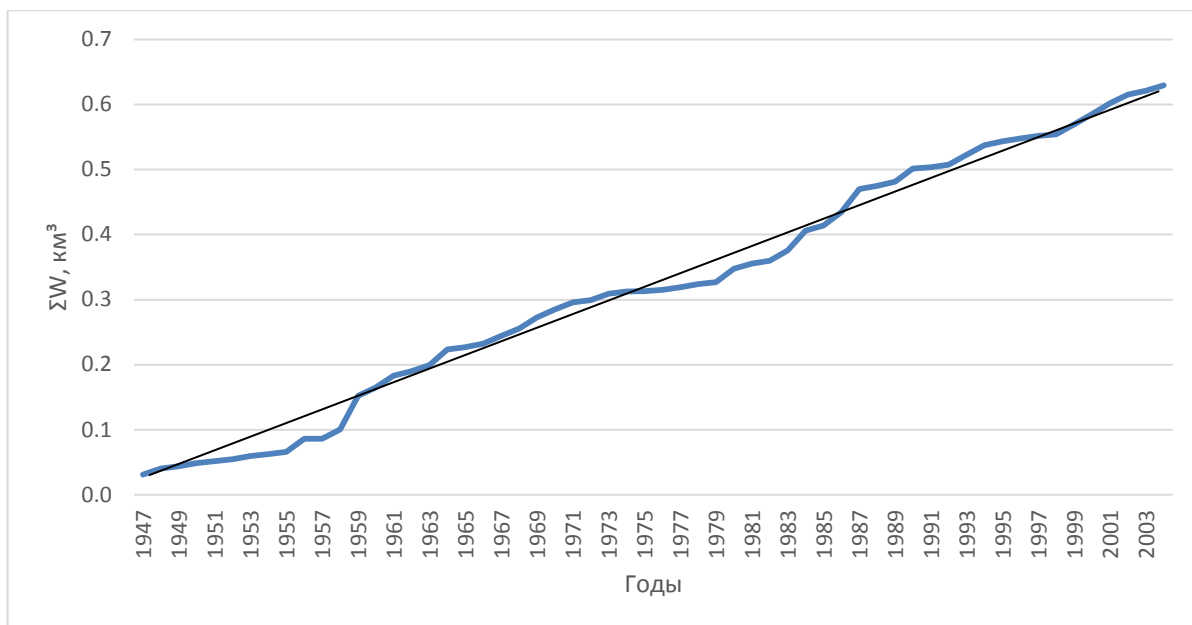


Рисунок 13. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за октябрь в створе поста г. Верхнеуральск

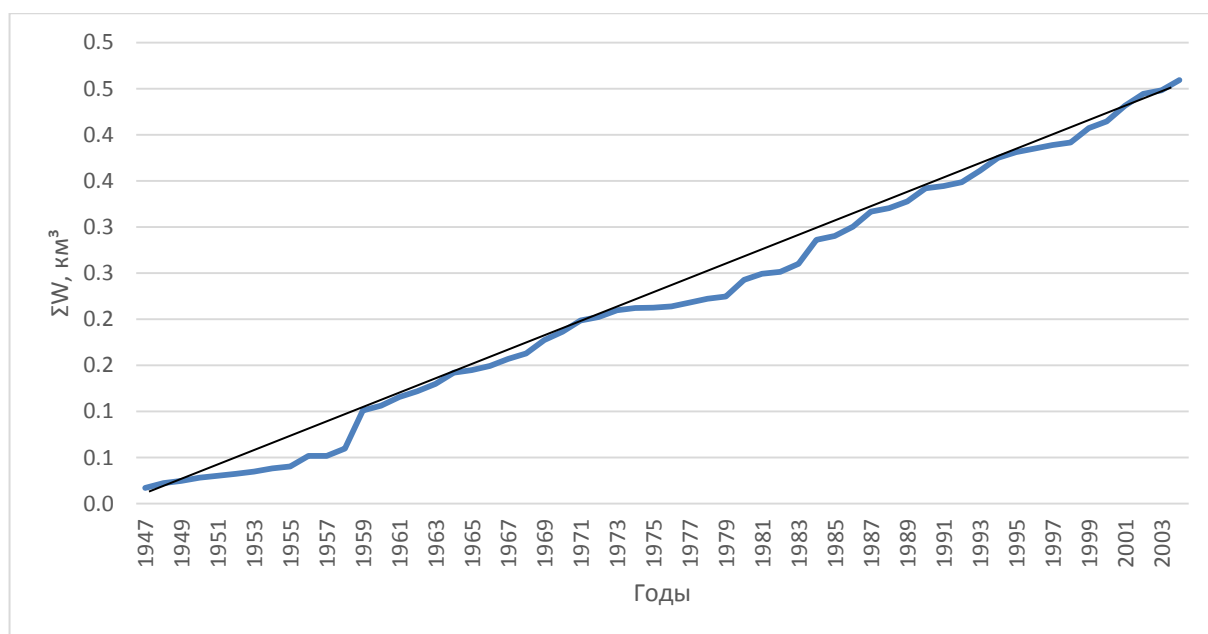


Рисунок 14. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за ноябрь в створе поста г. Верхнеуральск

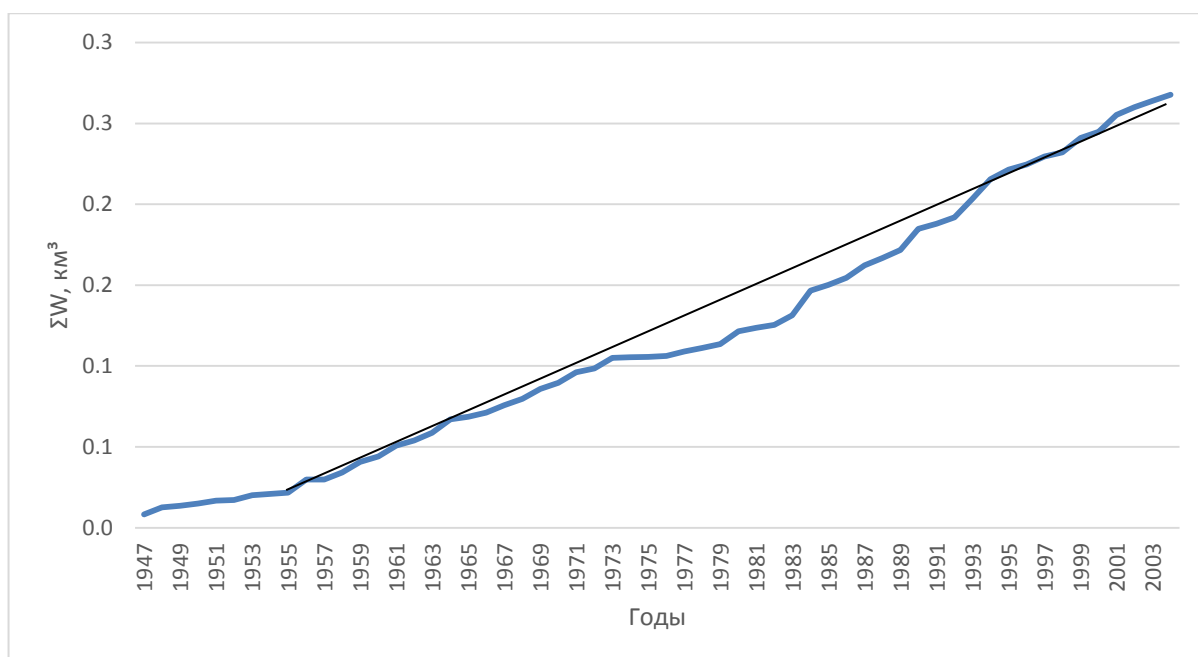


Рисунок 15. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за декабрь в створе поста г. Верхнеуральск

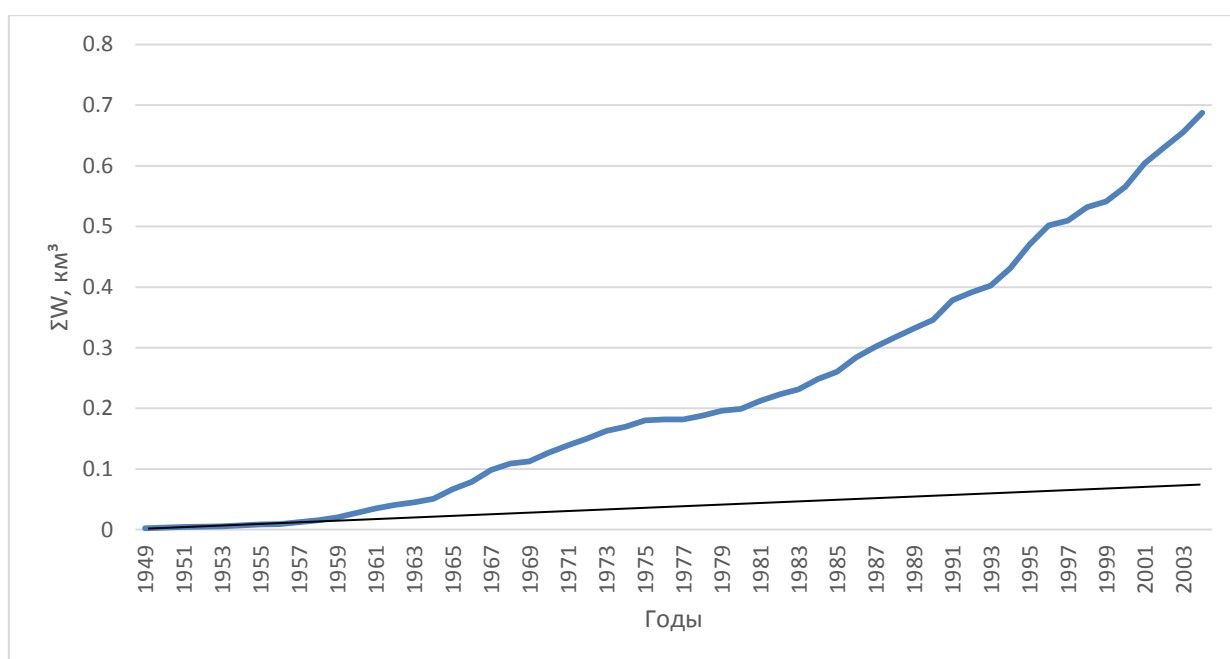


Рисунок 16. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за февраль в створе поста с. Кизильское

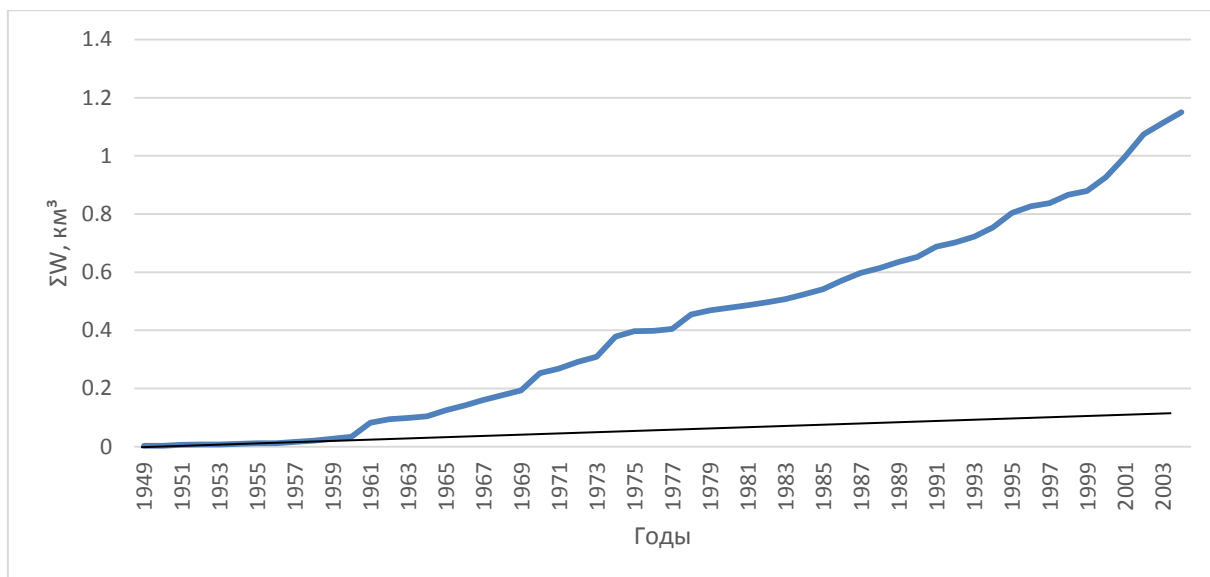


Рисунок 17. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за март в створе поста с. Кизильское

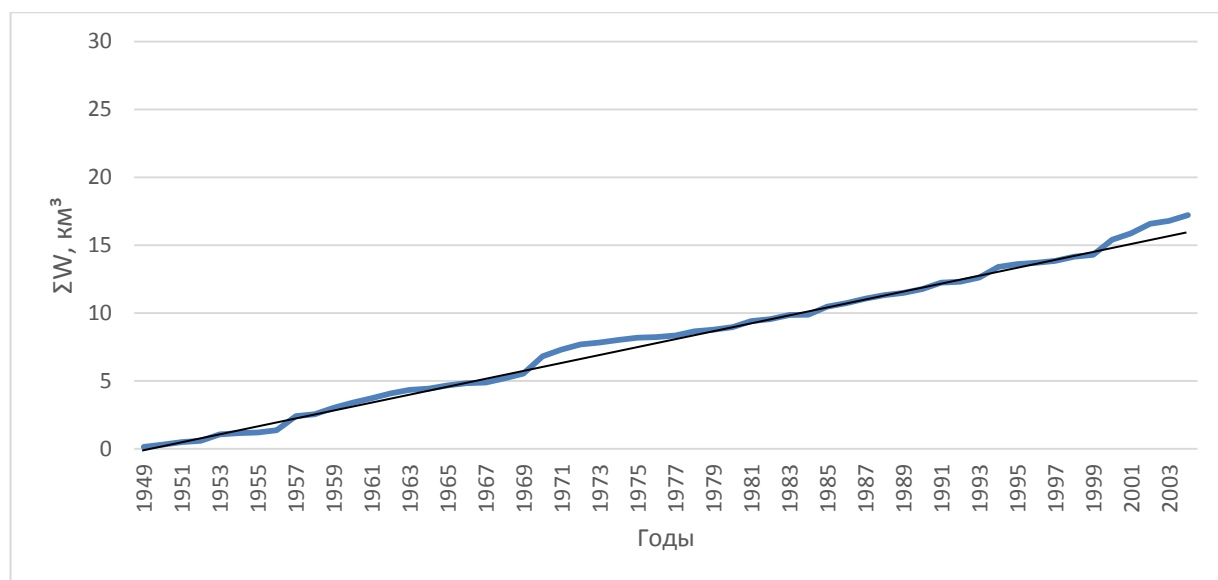


Рисунок 18. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за апрель в створе поста с. Кизильское

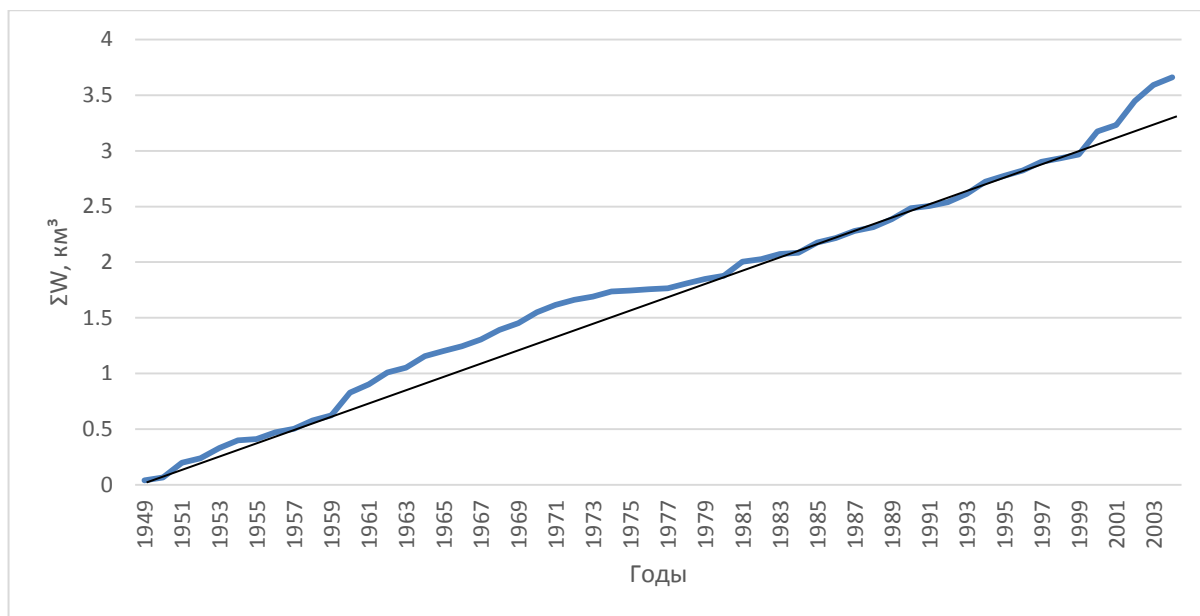


Рисунок 19. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июнь в створе поста с. Кизильское

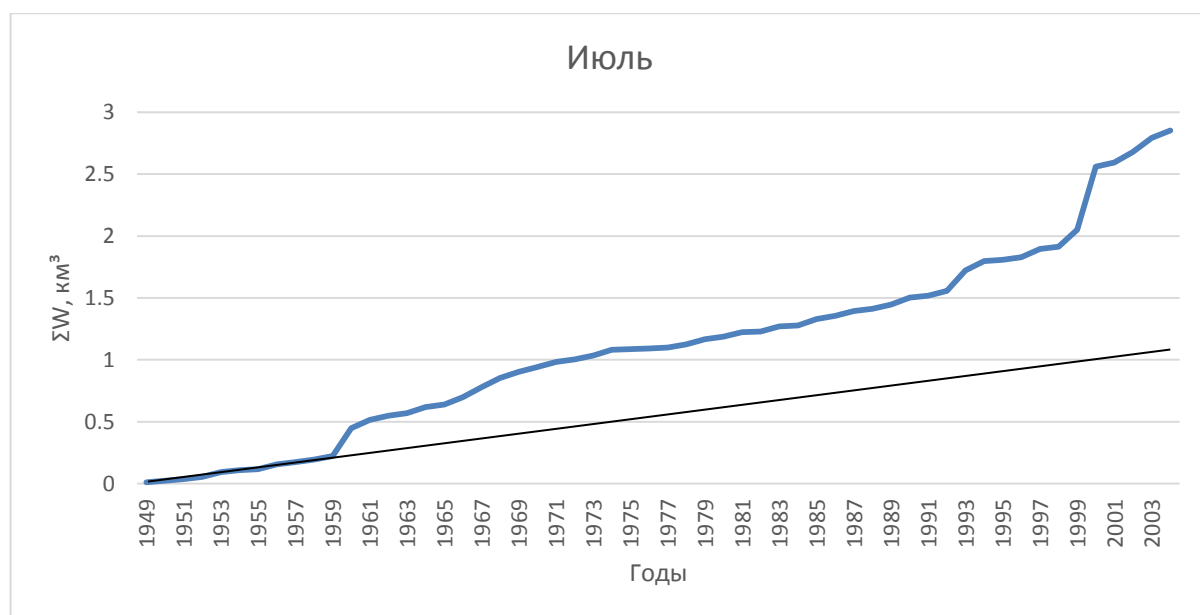


Рисунок 20. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июль в створе поста с. Кизильское

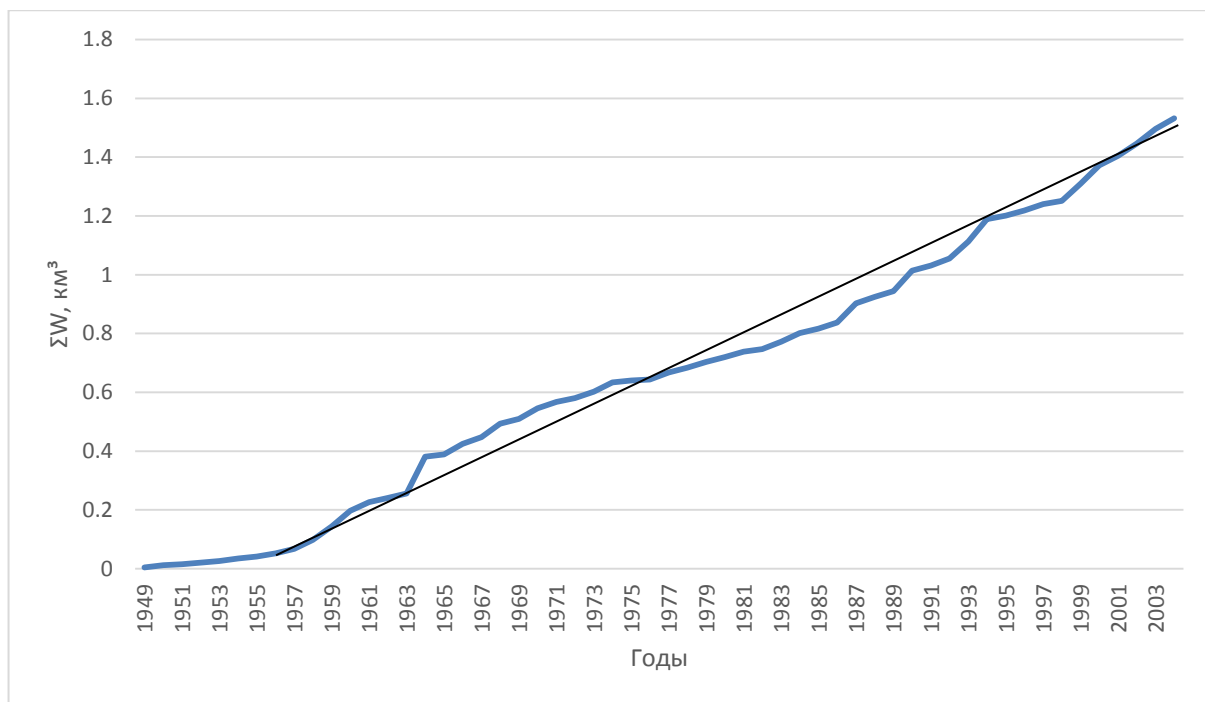


Рисунок 21. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за сентябрь в створе поста с. Кизильское

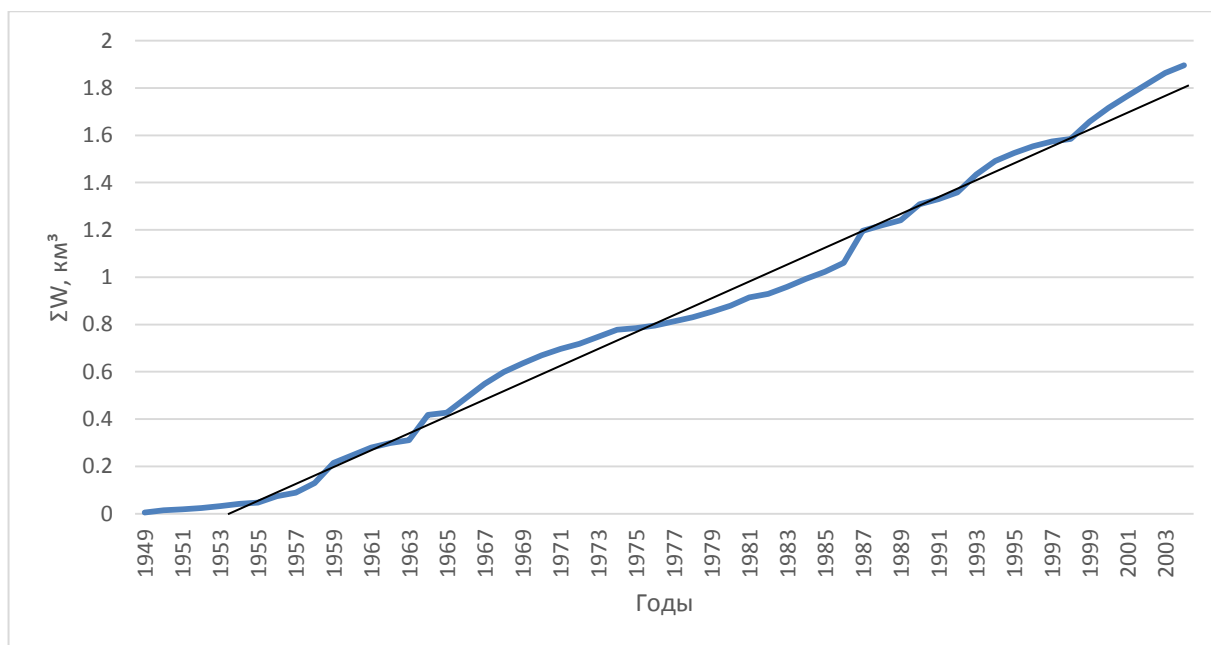


Рисунок 22. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за октябрь в створе поста с. Кизильское

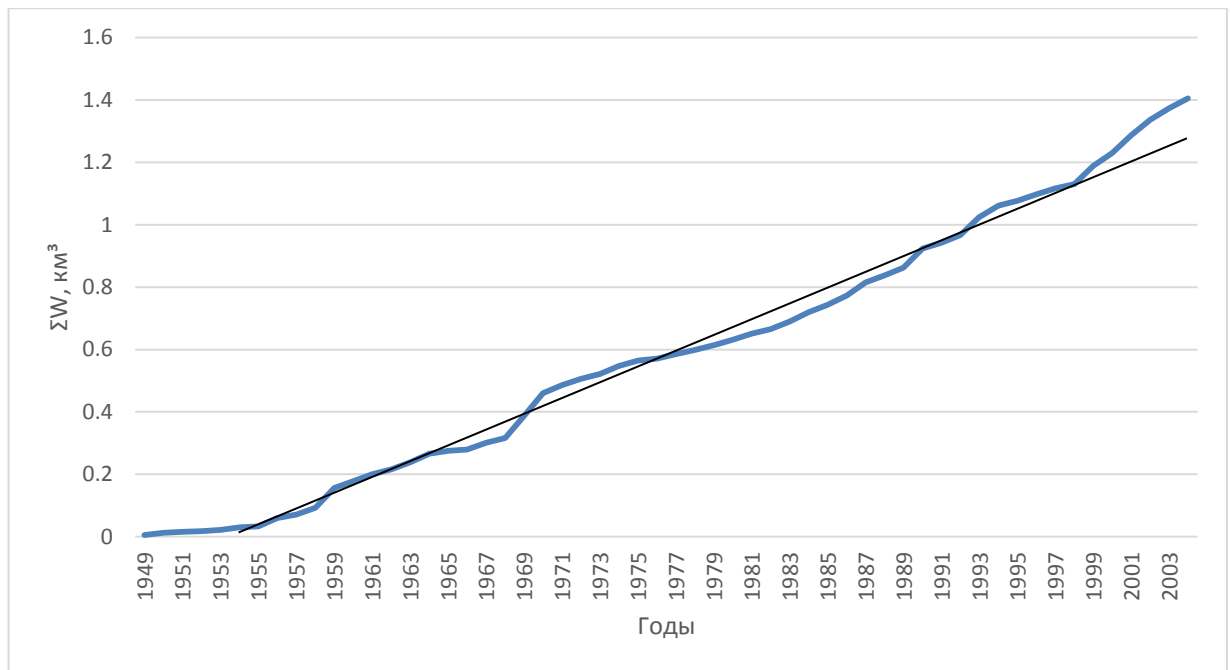


Рисунок 23. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за ноябрь в створе поста с. Кизильское

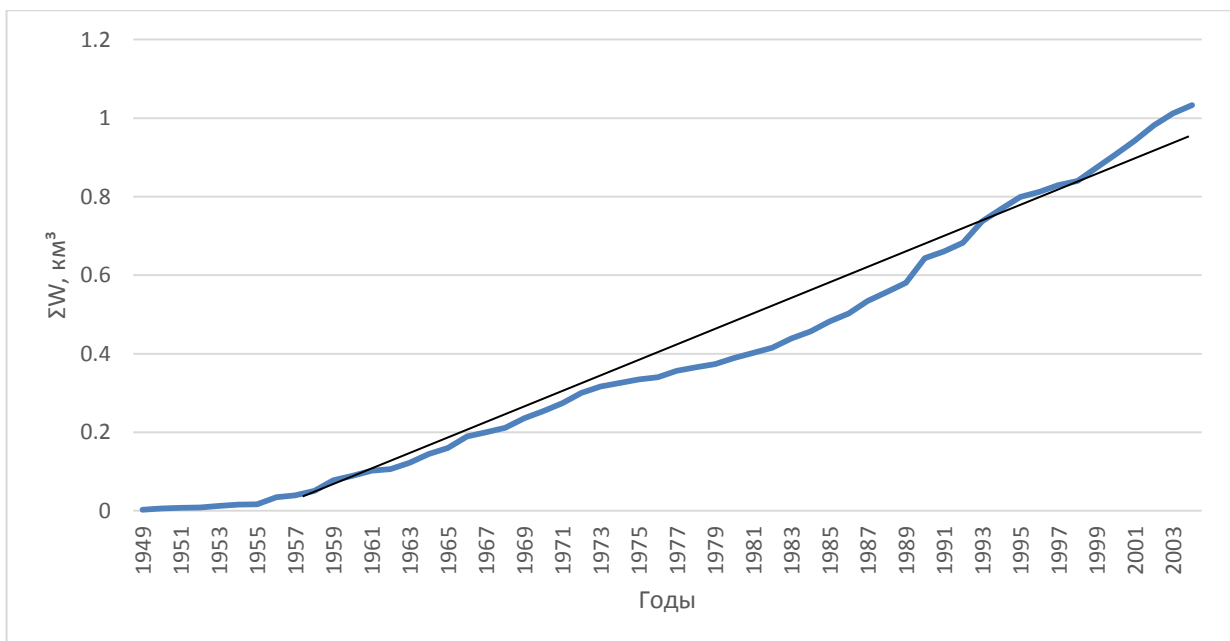


Рисунок 24. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за декабрь в створе поста с. Кизильское

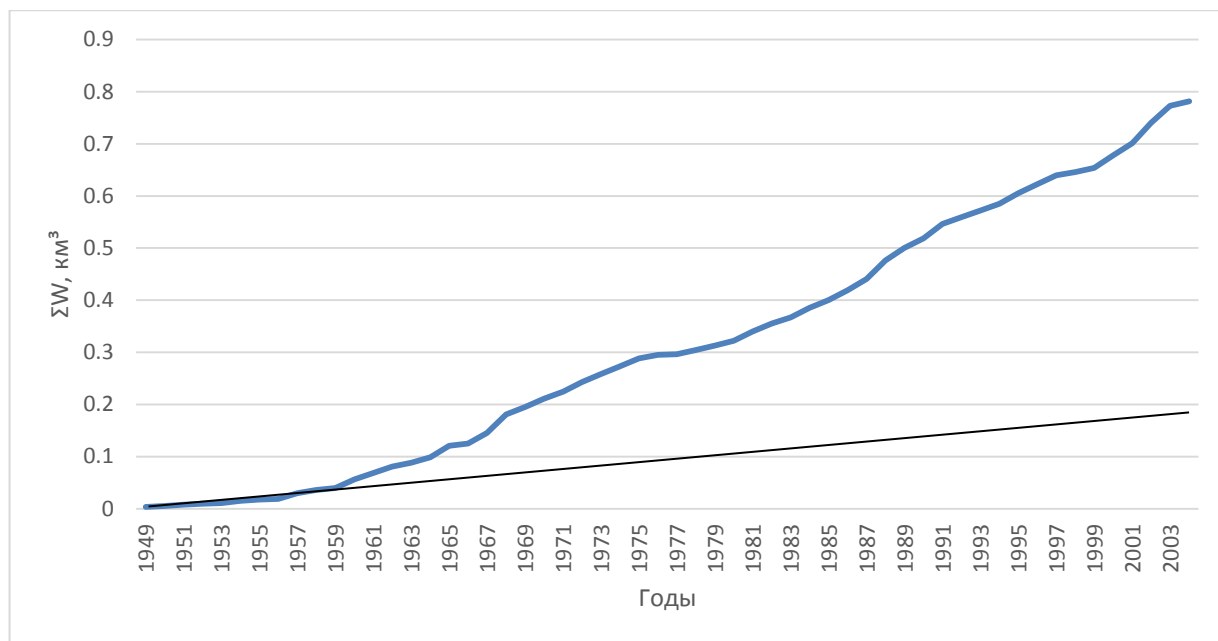


Рисунок 25. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за январь в створе поста пос. Березовский

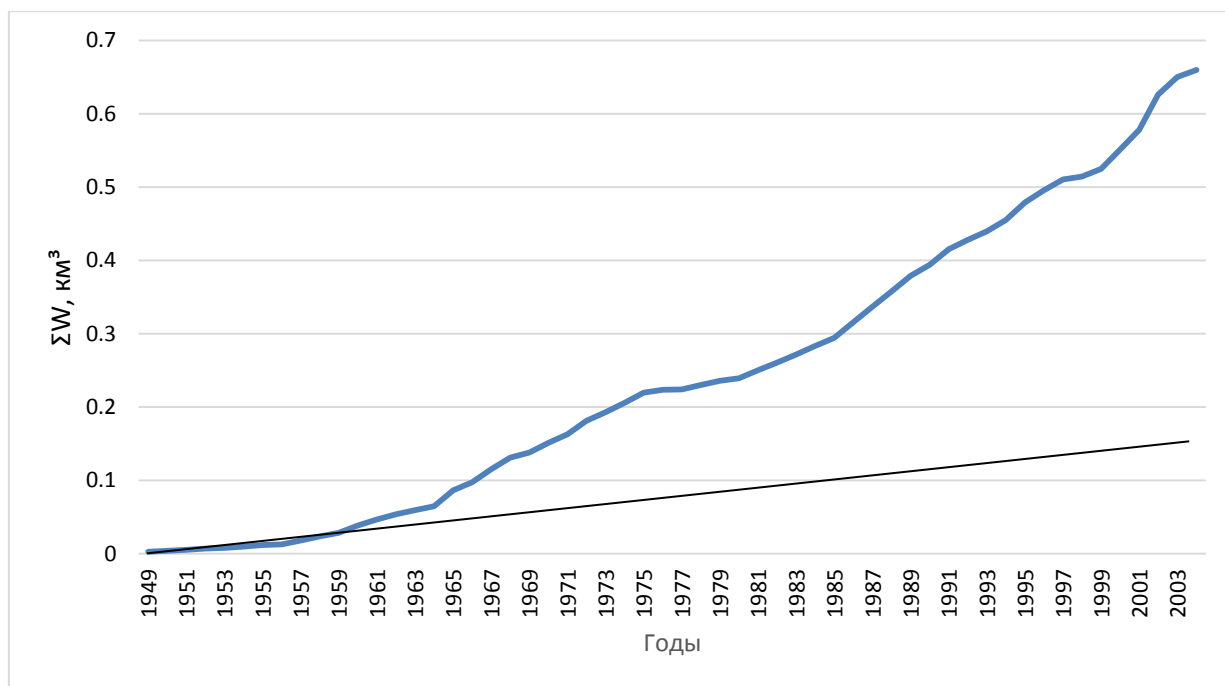


Рисунок 26. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за февраль в створе поста пос. Березовский

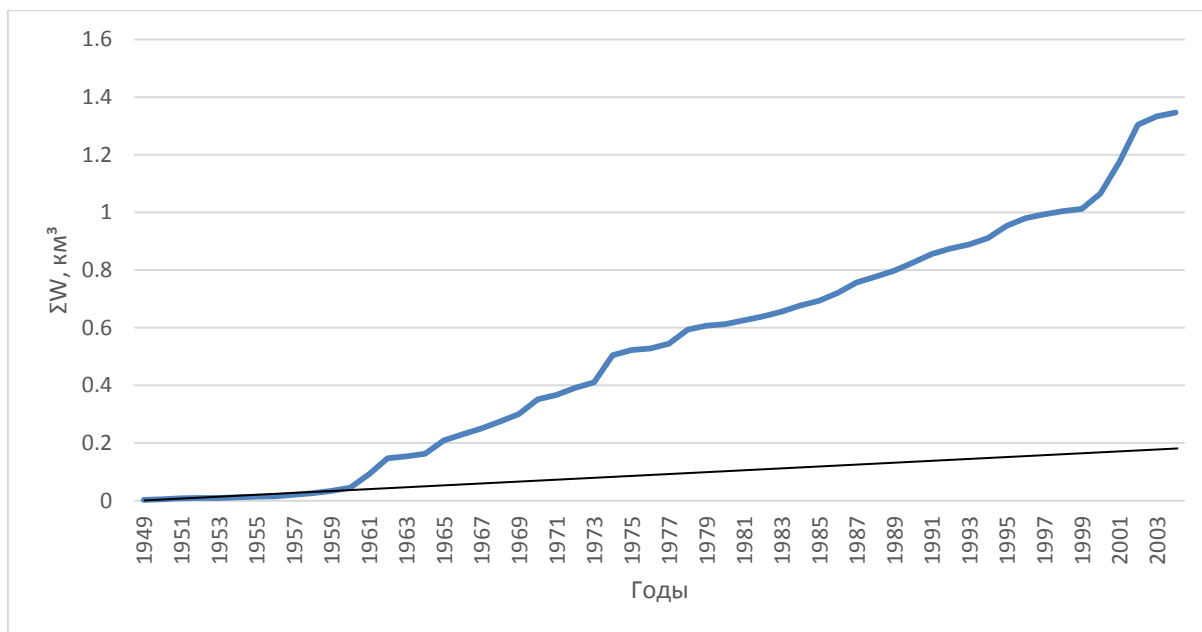


Рисунок 27. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за март в створе поста пос. Березовский

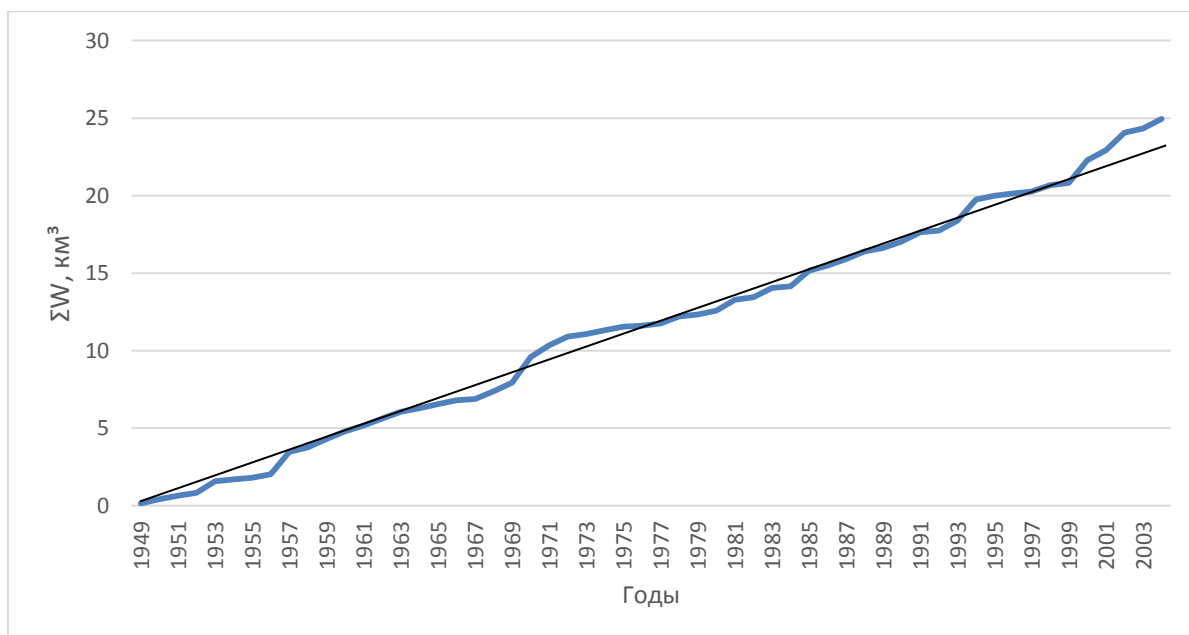


Рисунок 28. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за апрель в створе поста пос. Березовский

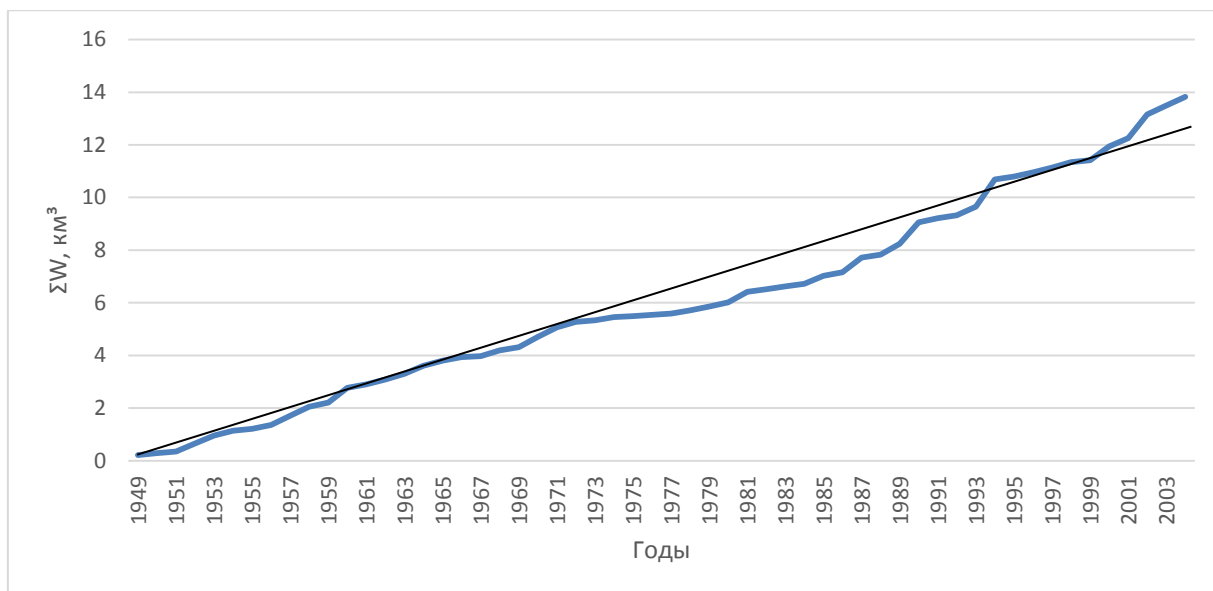


Рисунок 29. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за май в створе поста пос. Березовский

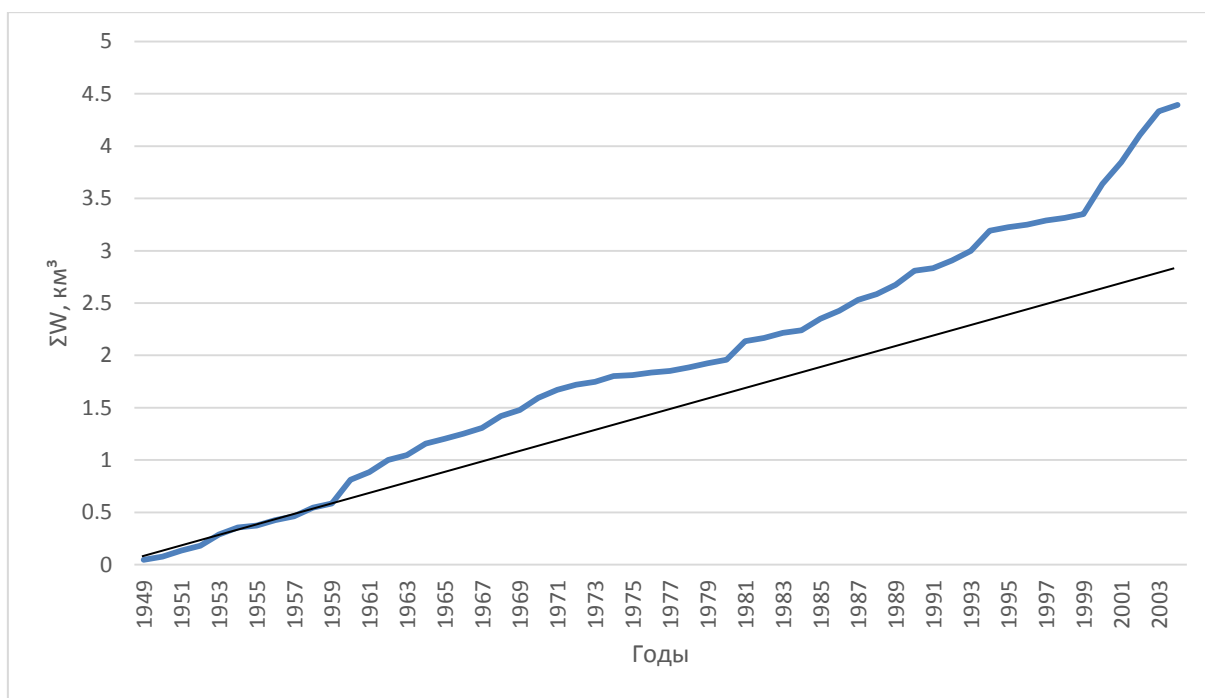


Рисунок 30. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июнь в створе поста пос. Березовский

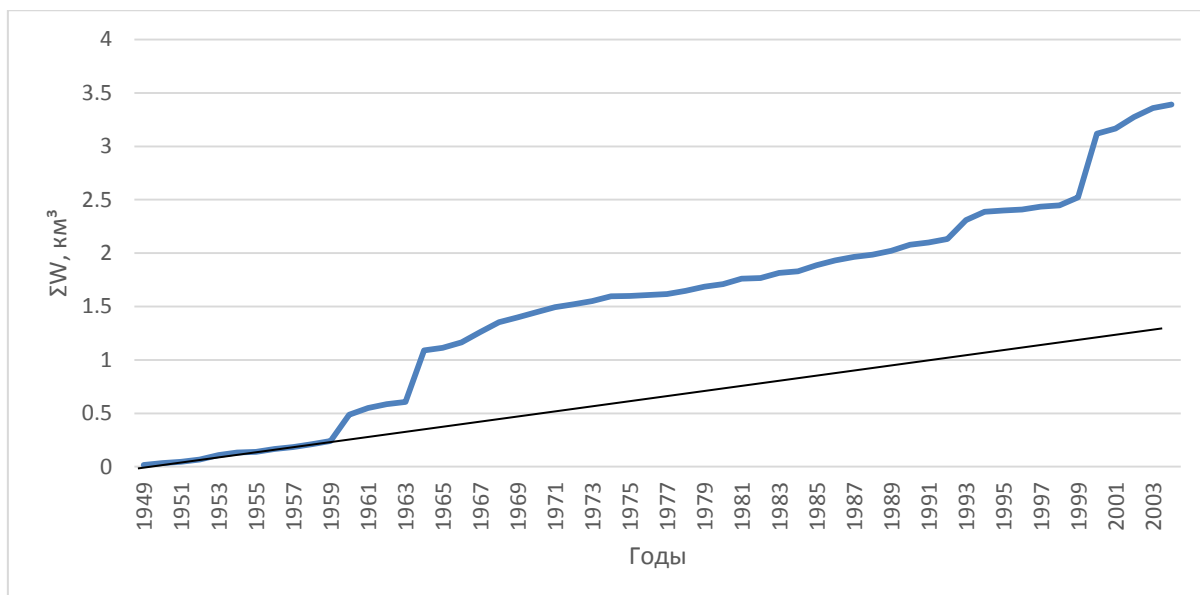


Рисунок 31. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июль в створе поста пос. Березовский

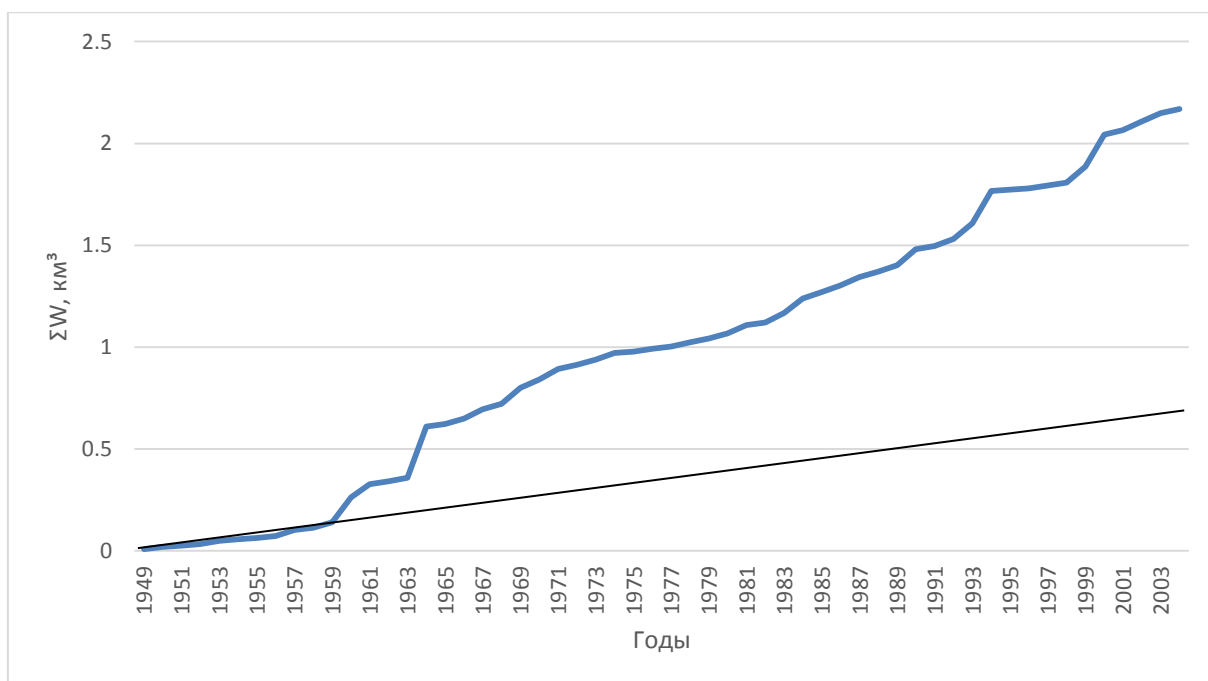


Рисунок 32. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за август в створе поста пос. Березовский

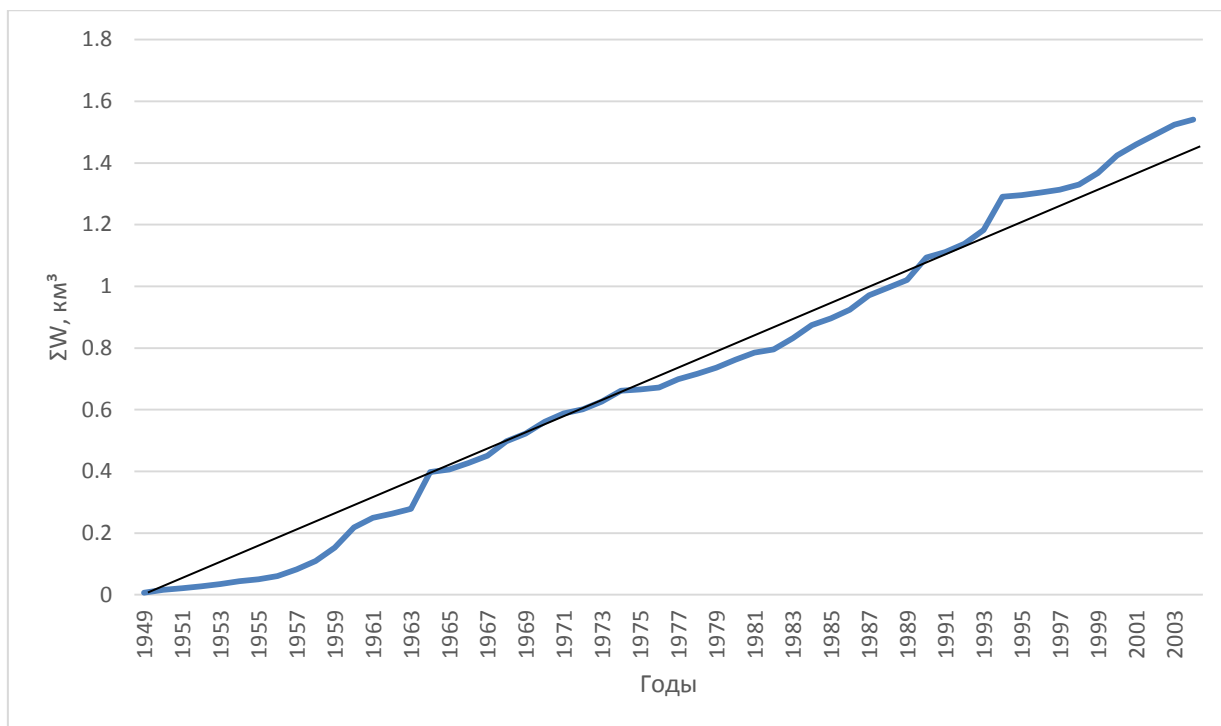


Рисунок 33. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за сентябрь в створе поста пос. Березовский

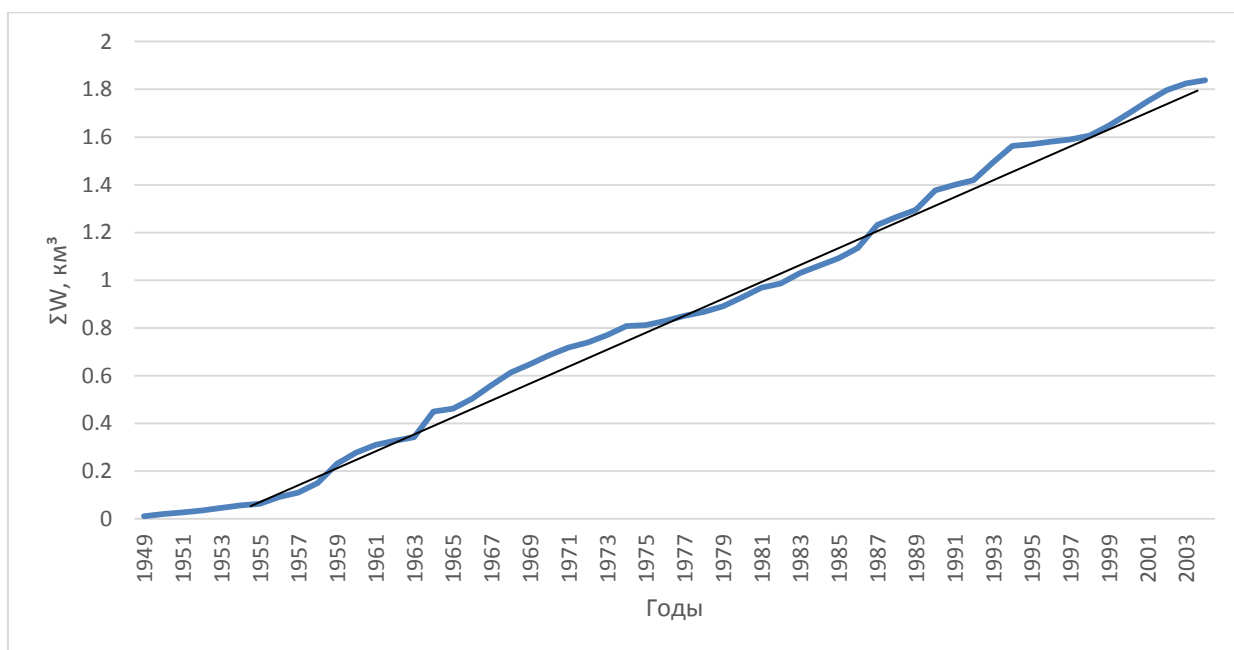


Рисунок 34. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за октябрь в створе поста пос. Березовский

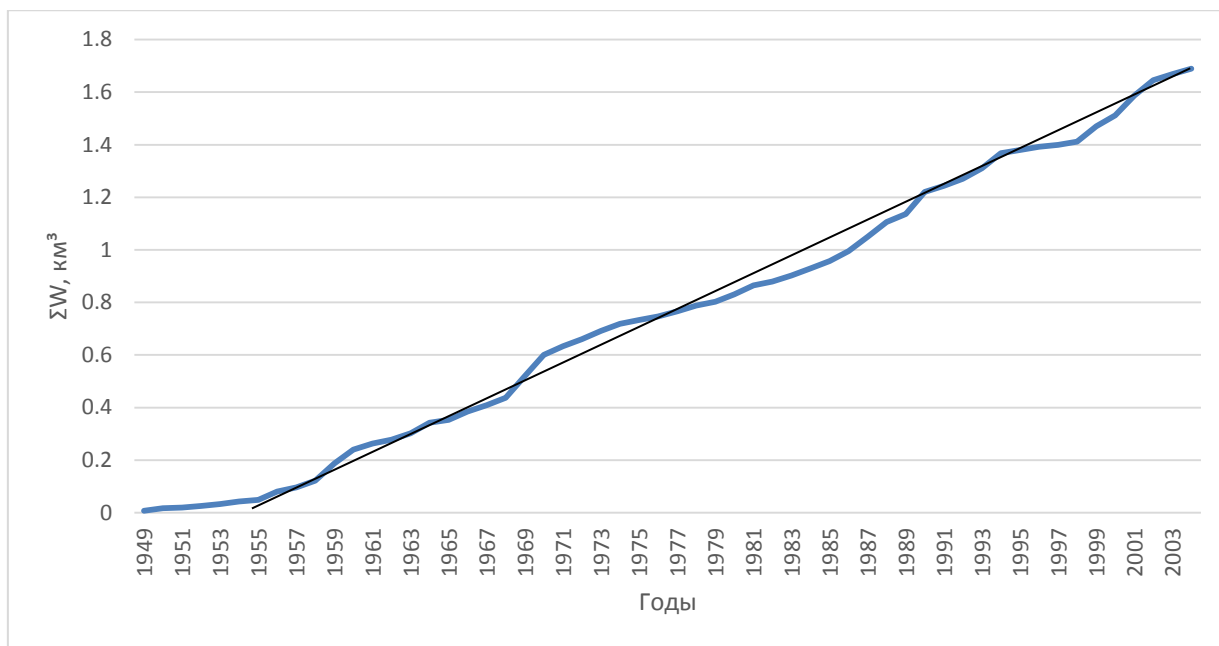


Рисунок 35. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за ноябрь в створе поста пос. Березовский

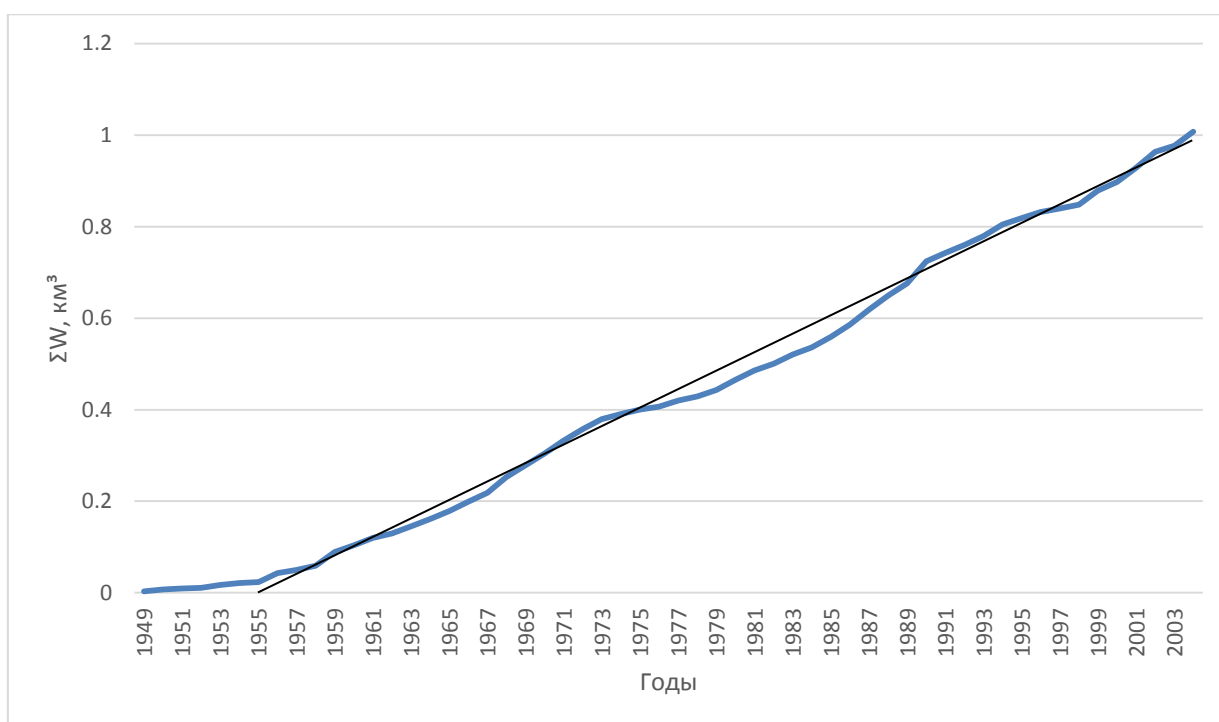


Рисунок 36. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за декабрь в створе поста пос. Березовский

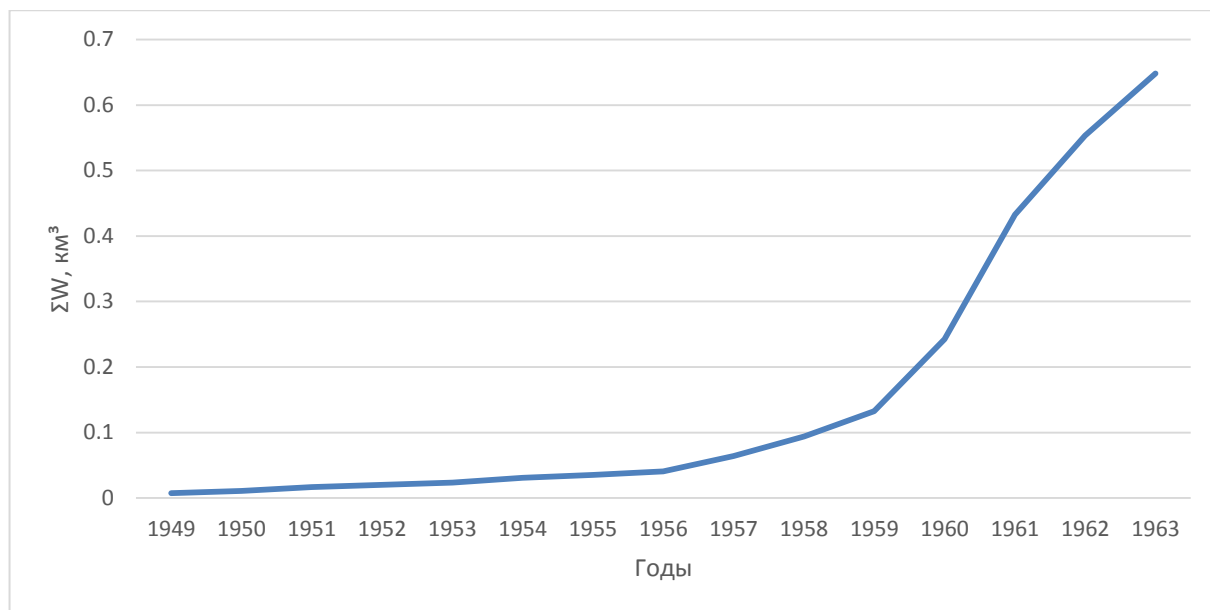


Рисунок 37. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за январь в створе поста с. Уральское

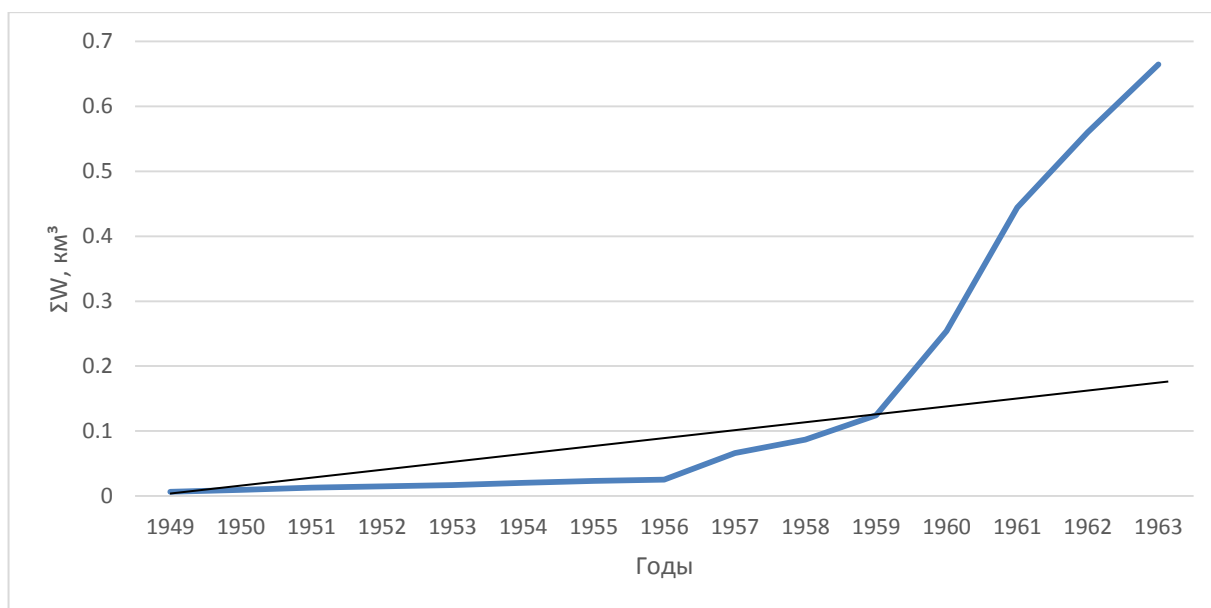


Рисунок 38. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за февраль в створе поста с. Уральское

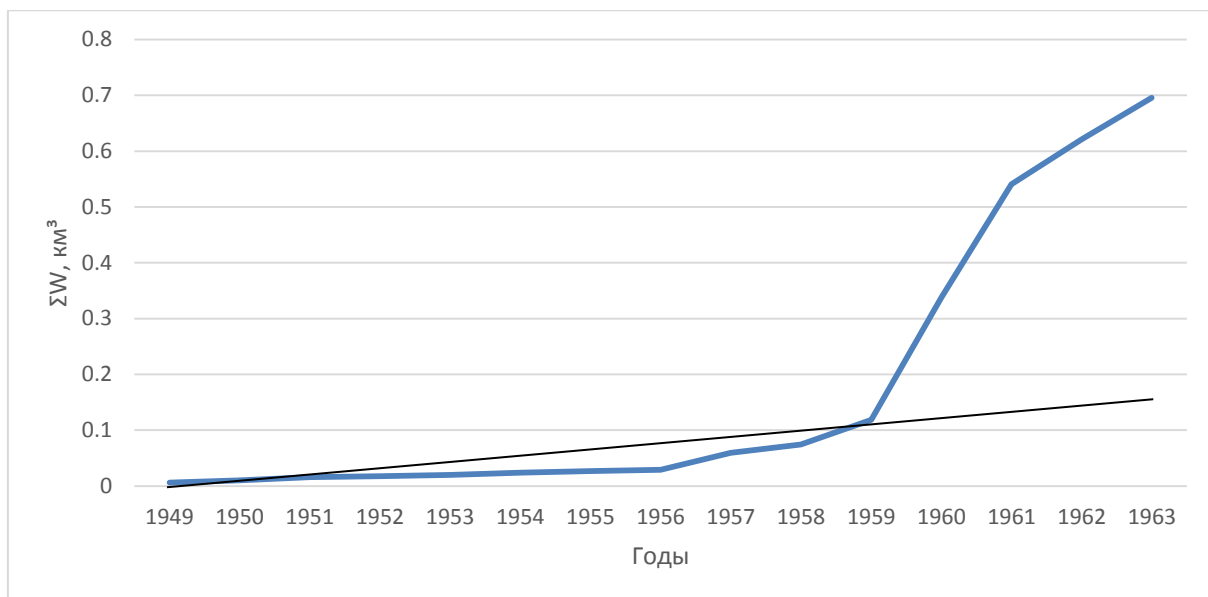


Рисунок 39. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за март в створе поста с. Уральское

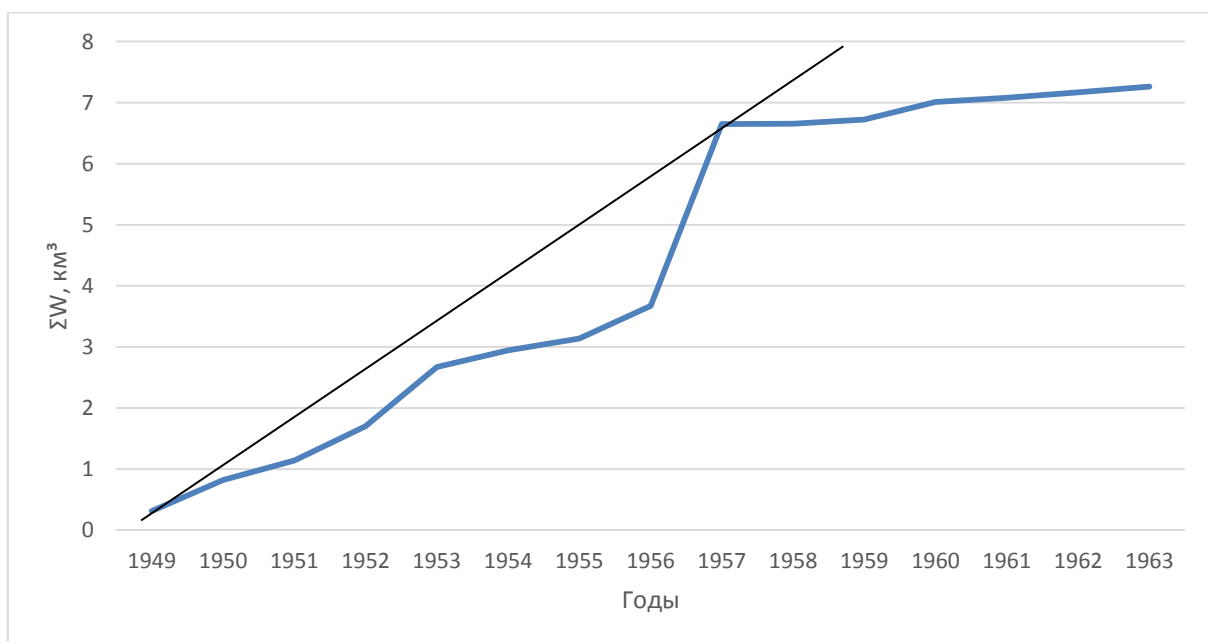


Рисунок 40. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за апрель в створе поста с. Уральское

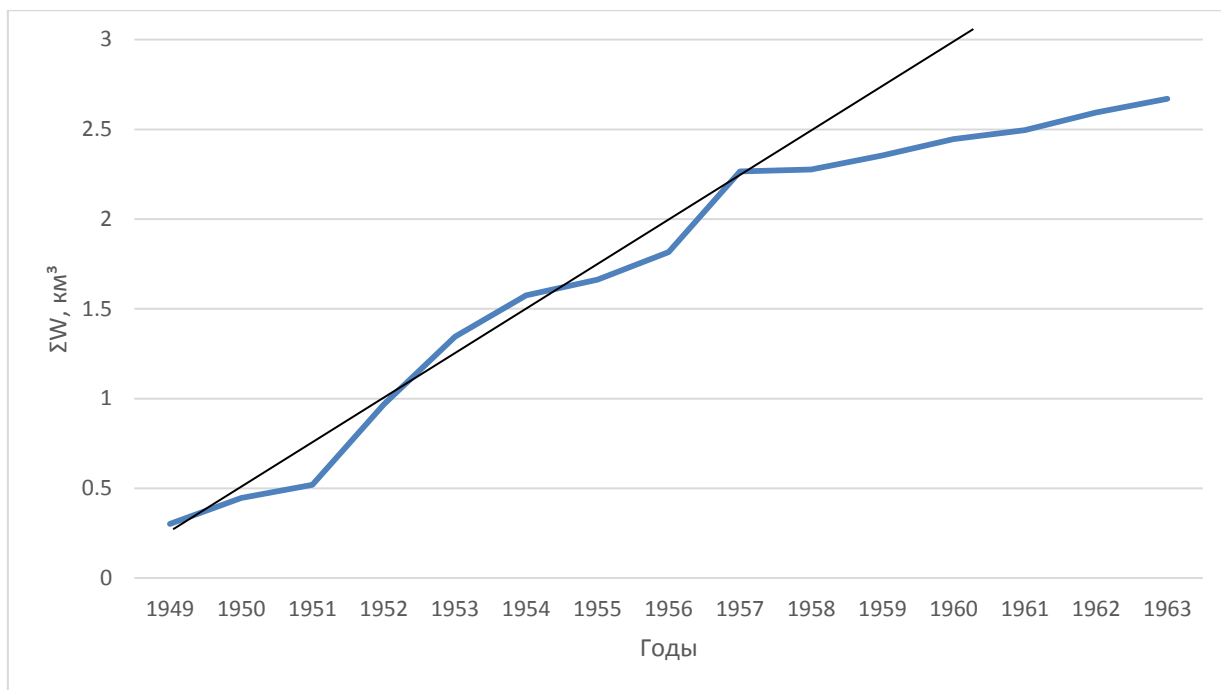


Рисунок 41. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за май в створе поста с. Уральское

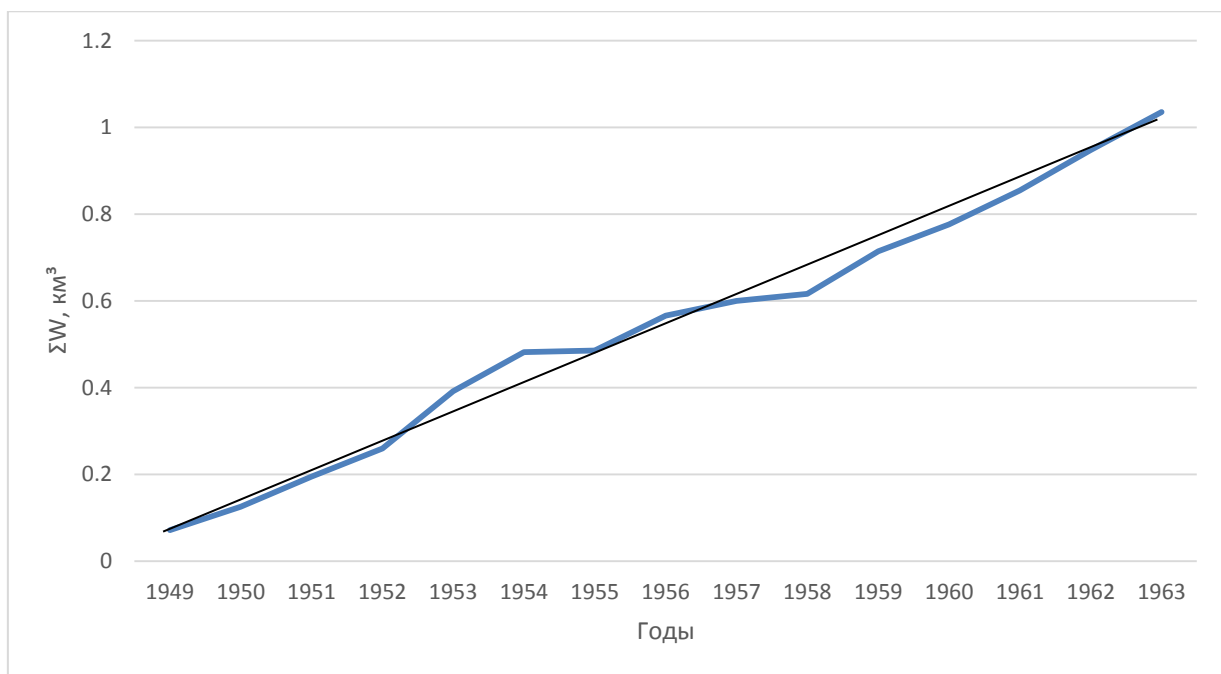


Рисунок 42. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июнь в створе поста с. Уральское

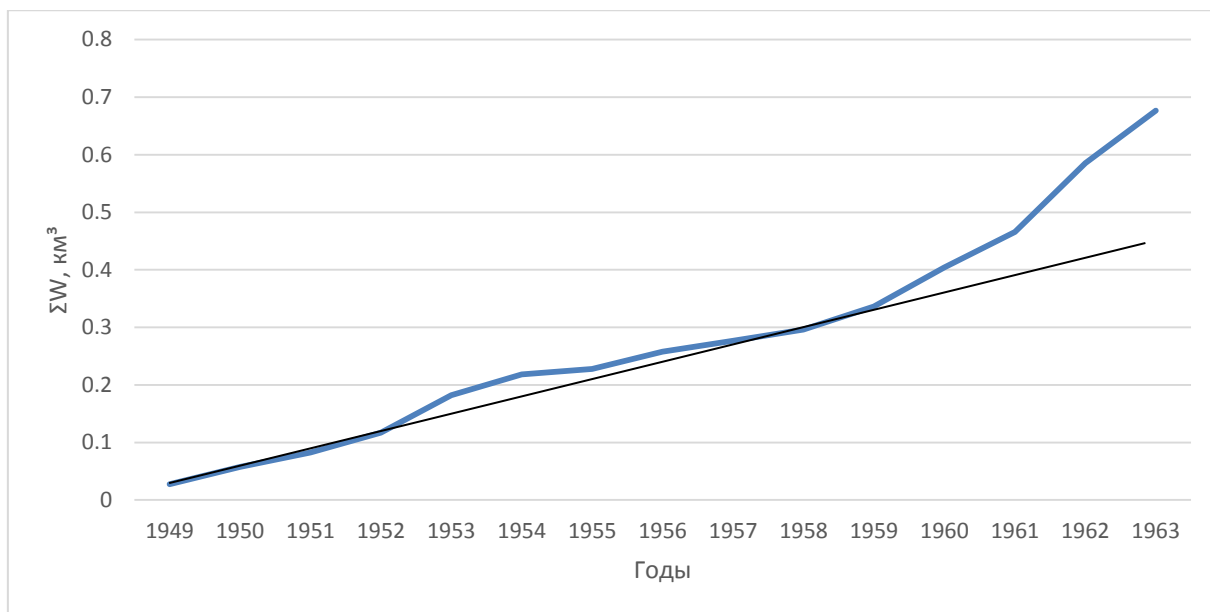


Рисунок 43. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июль в створе поста с. Уральское

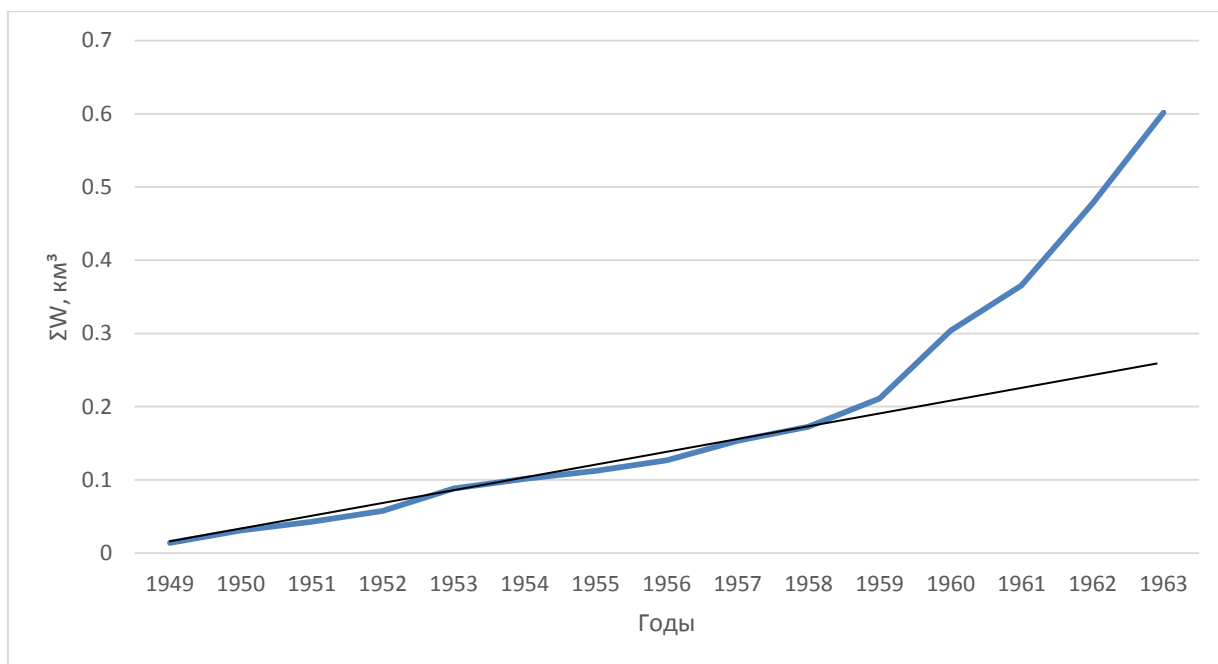


Рисунок 44. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за август в створе поста с. Уральское

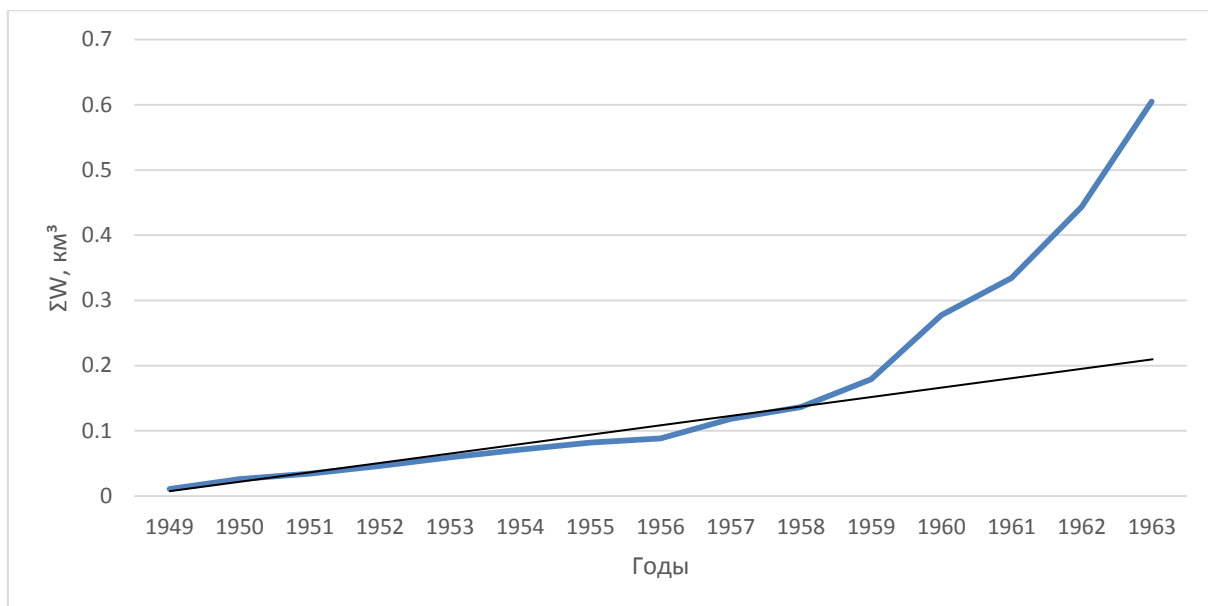


Рисунок 45. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за сентябрь в створе поста с. Уральское

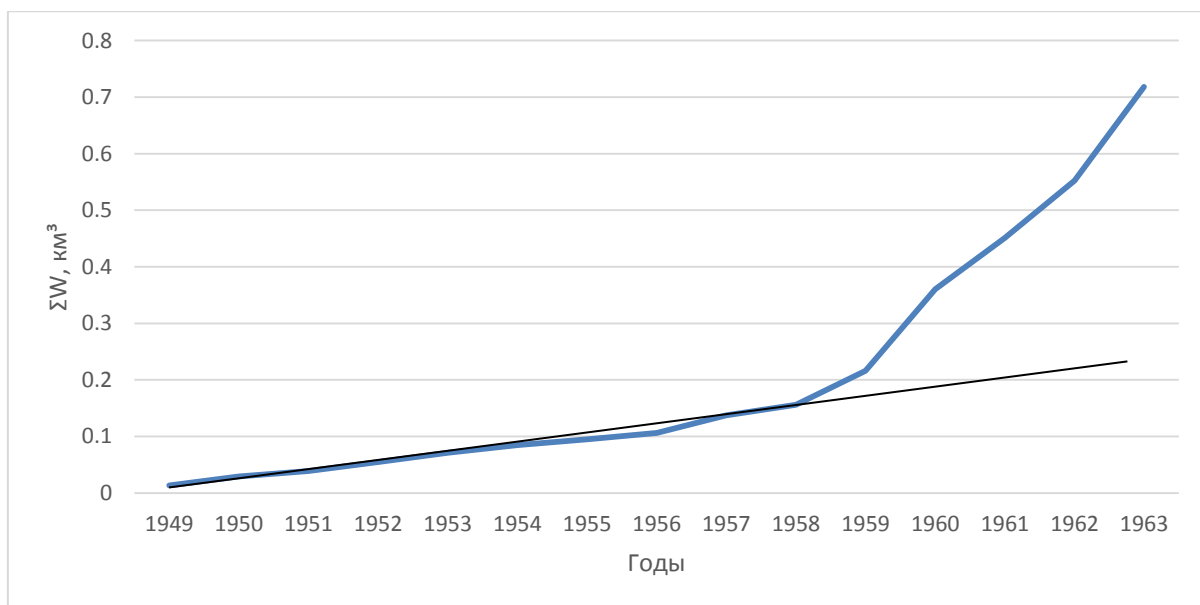


Рисунок 46. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за октябрь в створе поста с. Уральское

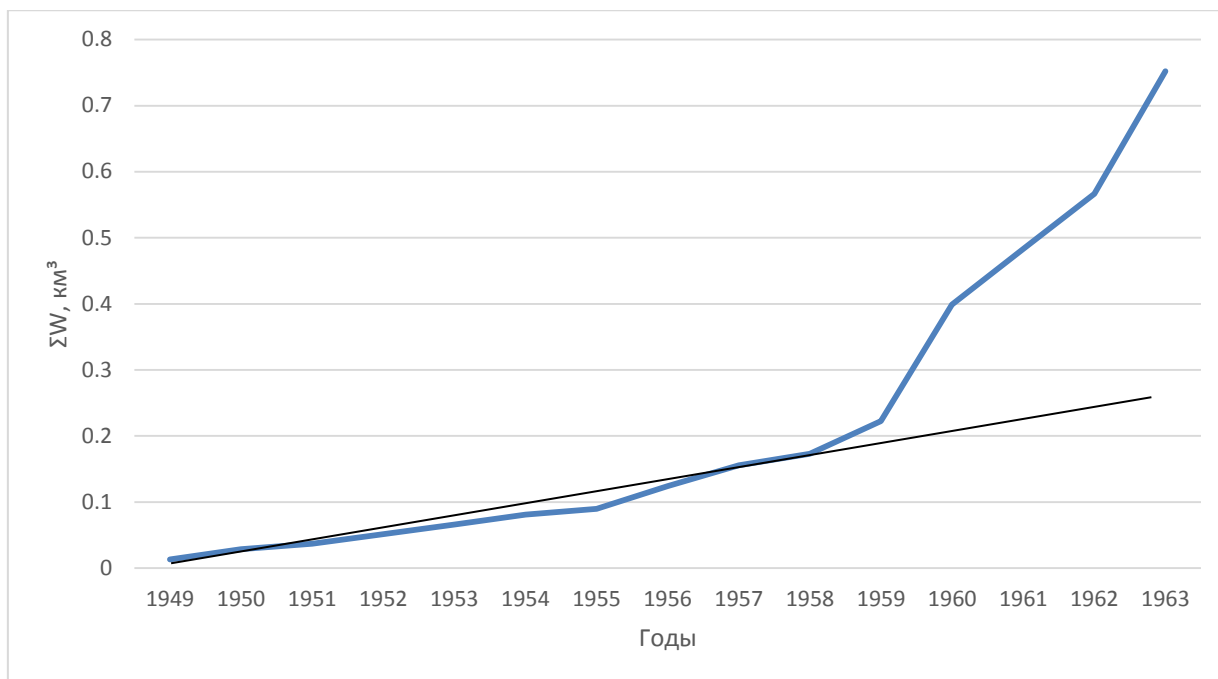


Рисунок 47. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за ноябрь в створе поста с. Уральское

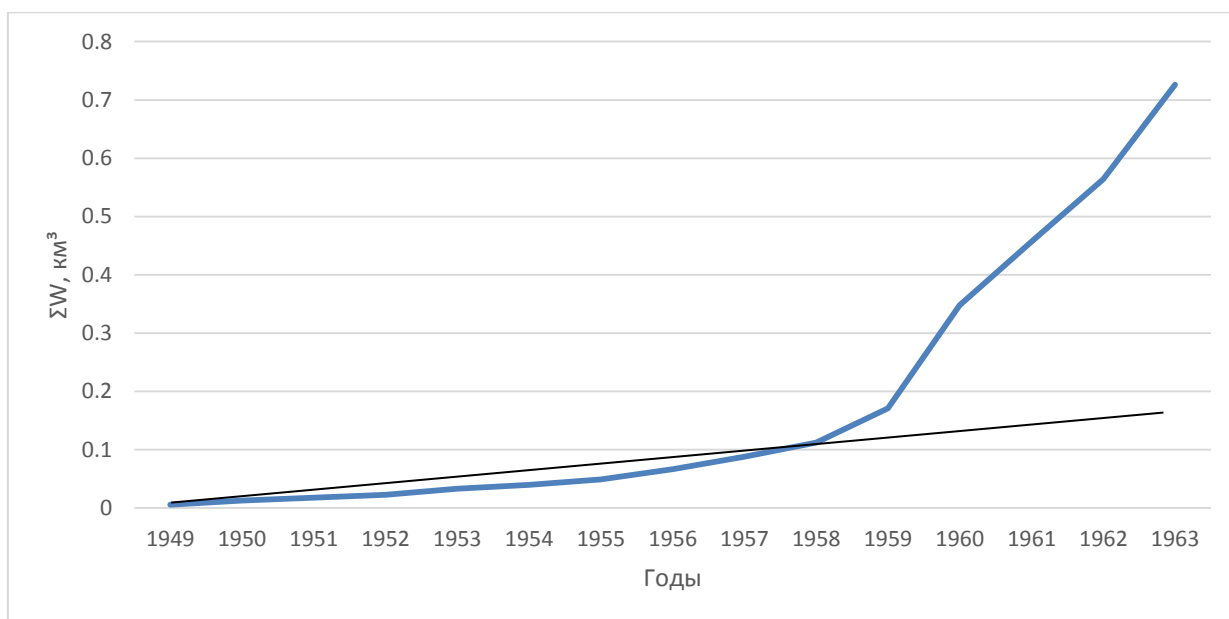


Рисунок 48. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за декабрь в створе поста с. Уральское

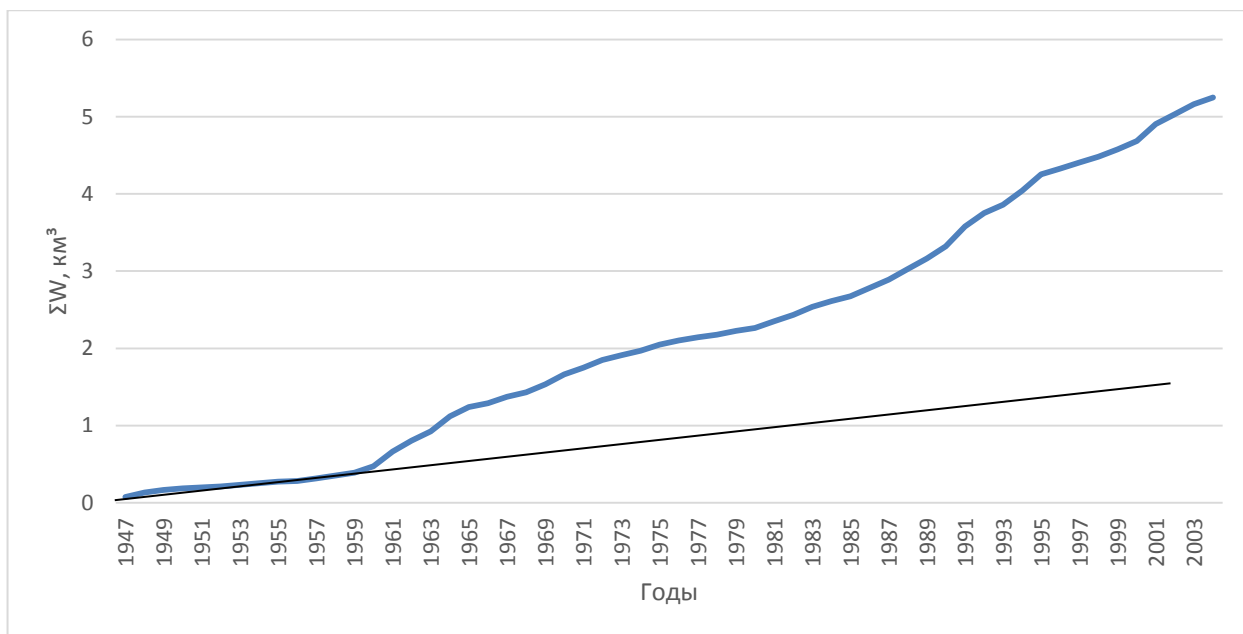


Рисунок 49. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за февраль в створе поста г. Оренбург

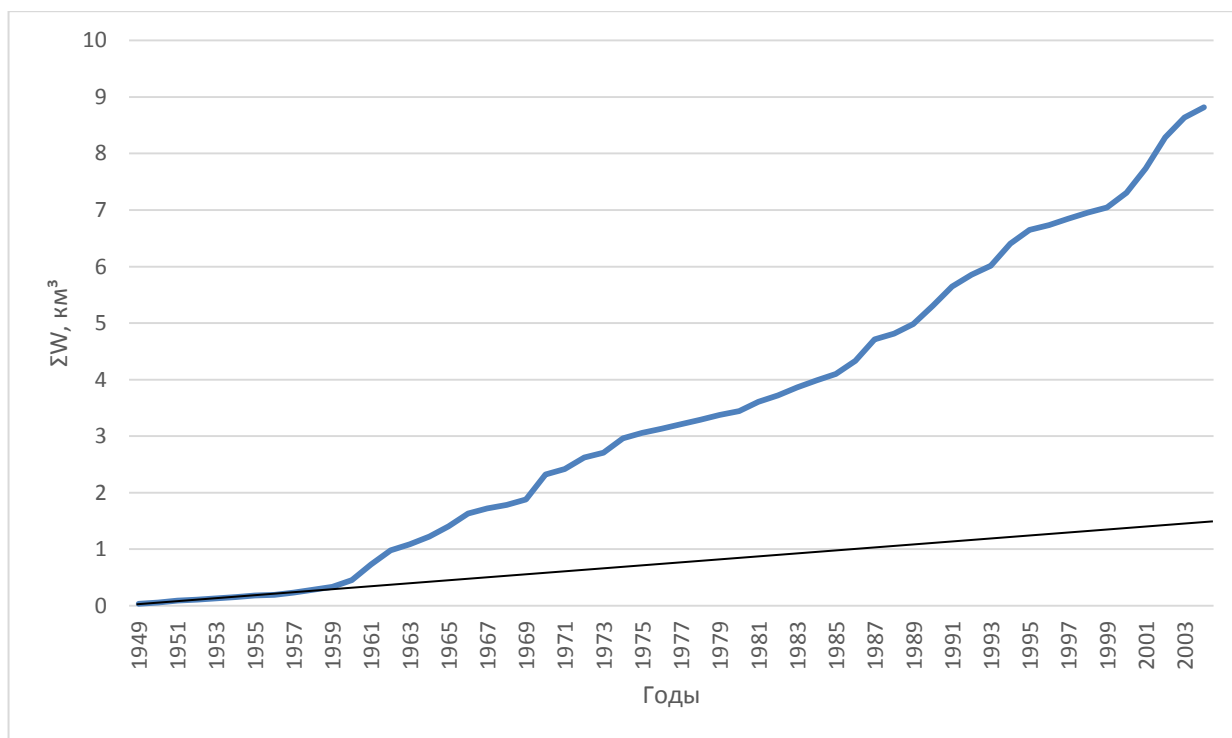


Рисунок 50. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за март в створе поста г. Оренбург

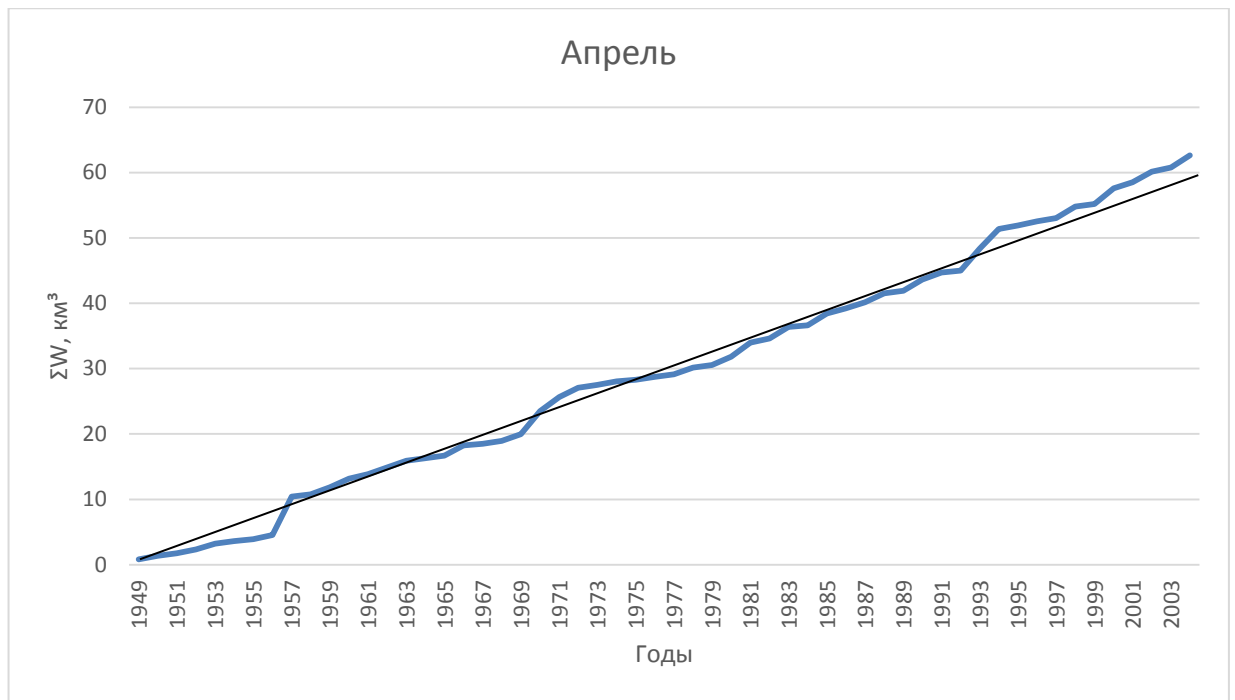


Рисунок 51. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за апрель в створе поста г. Оренбург

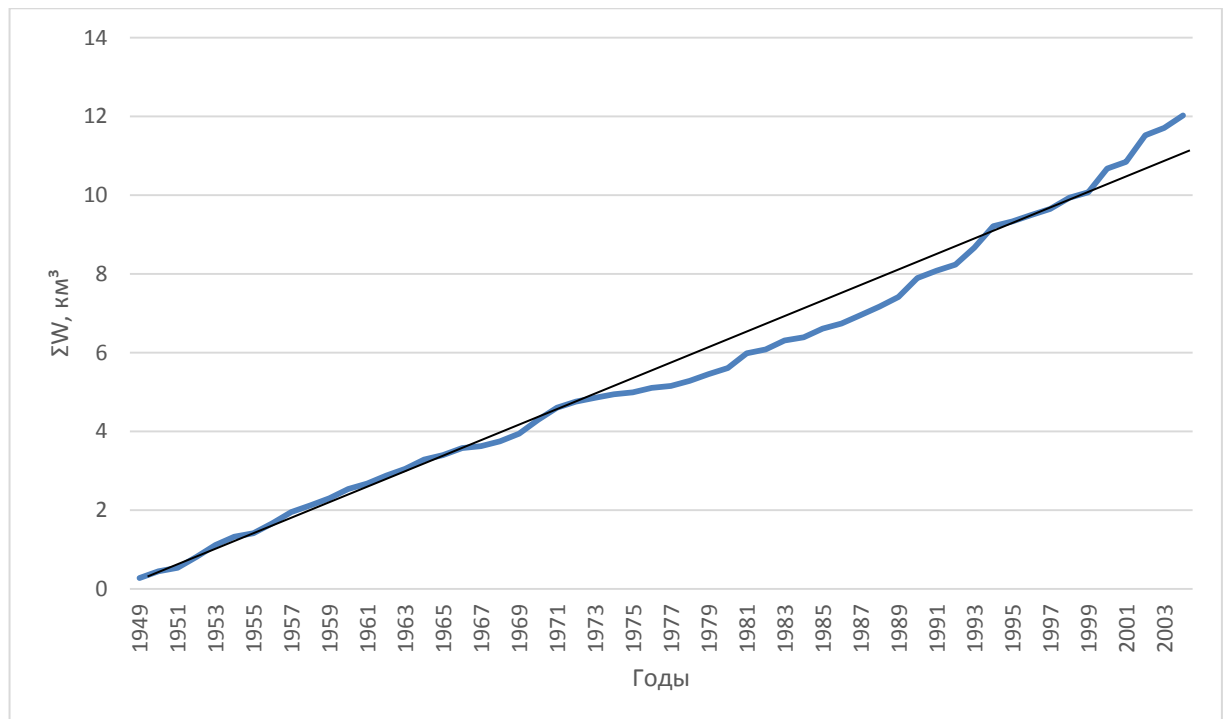


Рисунок 52. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июнь в створе поста г. Оренбург

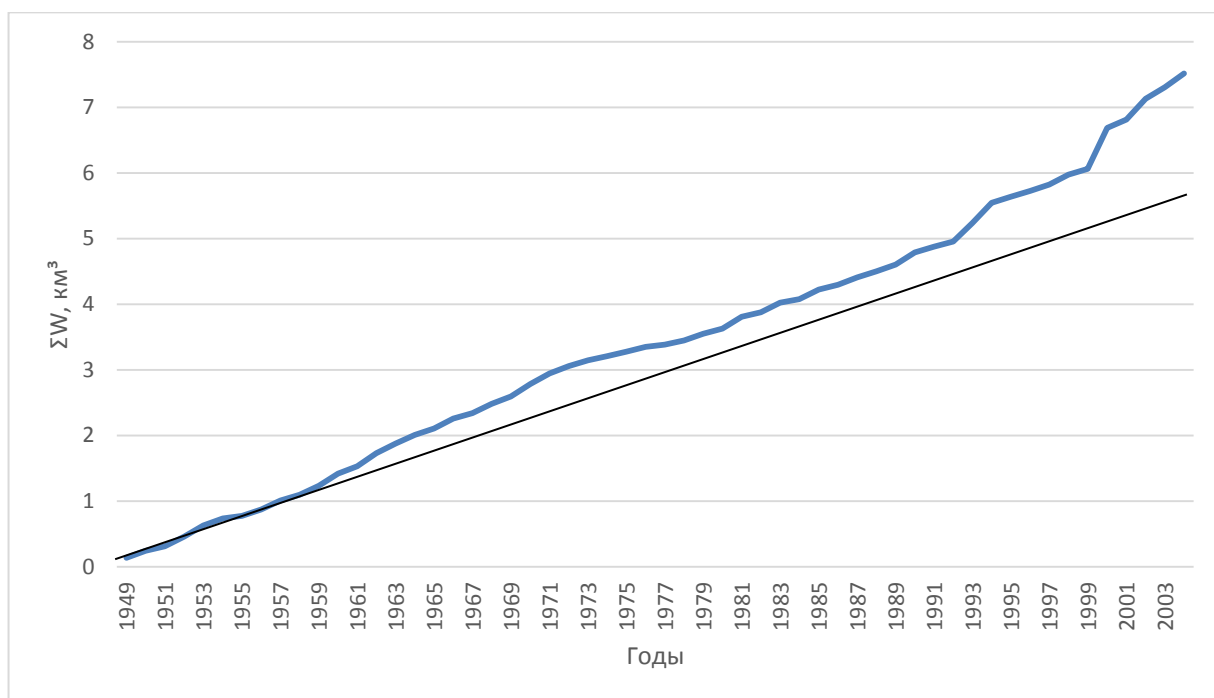


Рисунок 53. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июль в створе поста г. Оренбург

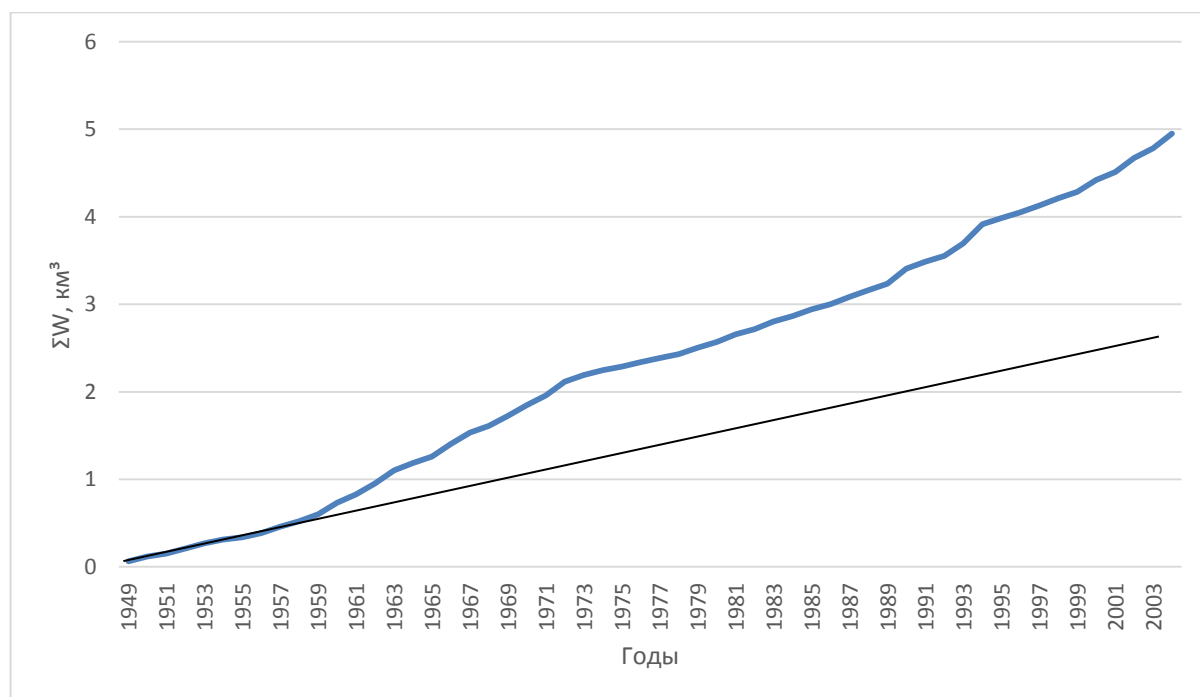


Рисунок 54. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за сентябрь в створе поста г. Оренбург

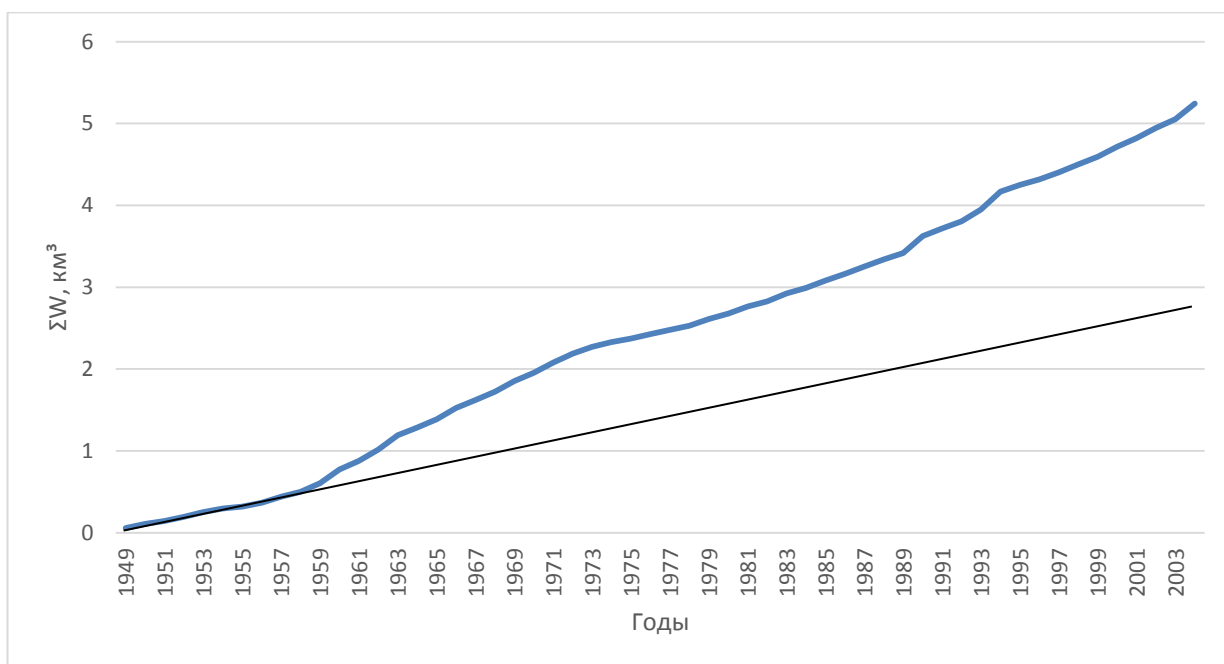


Рисунок 55. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за октябрь в створе поста г. Оренбург

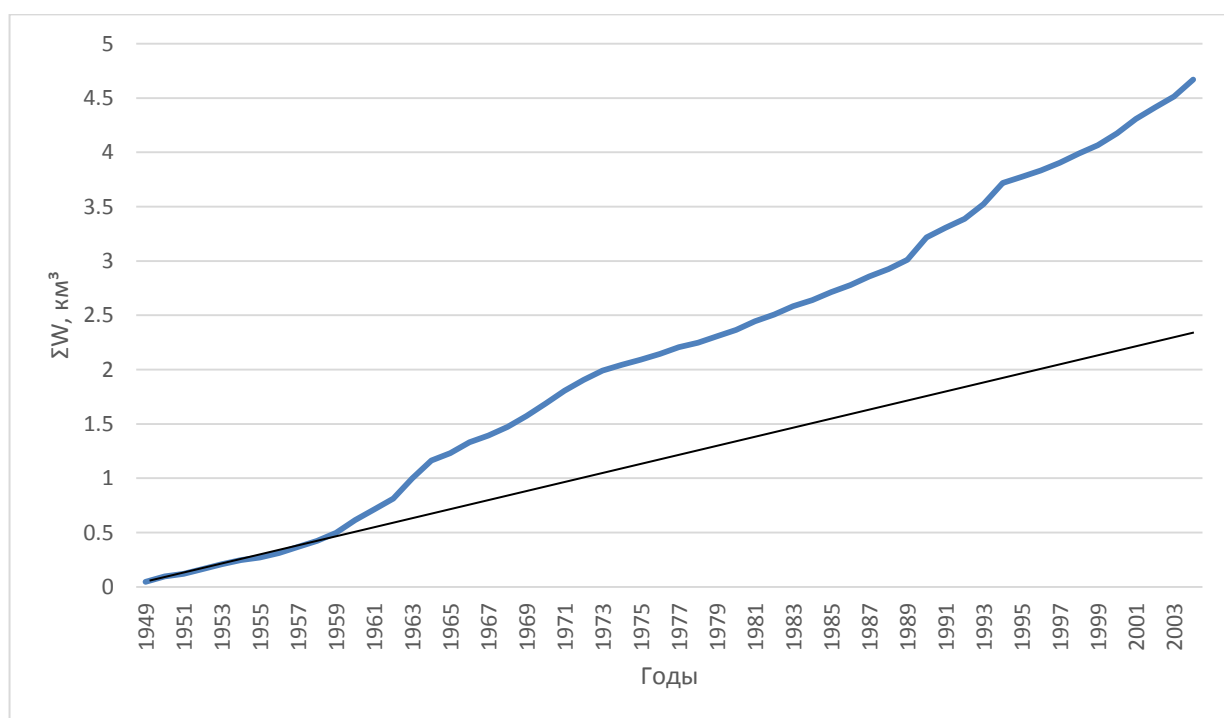


Рисунок 56. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за ноябрь в створе поста г. Оренбург

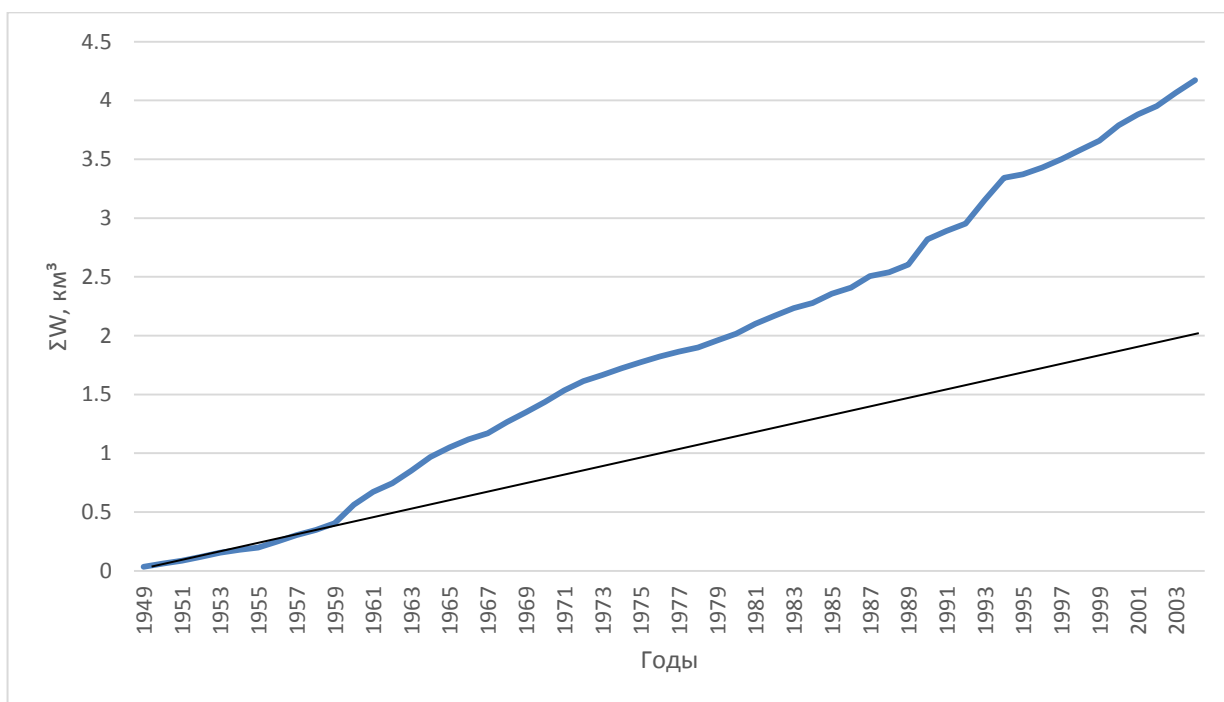


Рисунок 57. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за декабрь в створе поста г. Оренбург

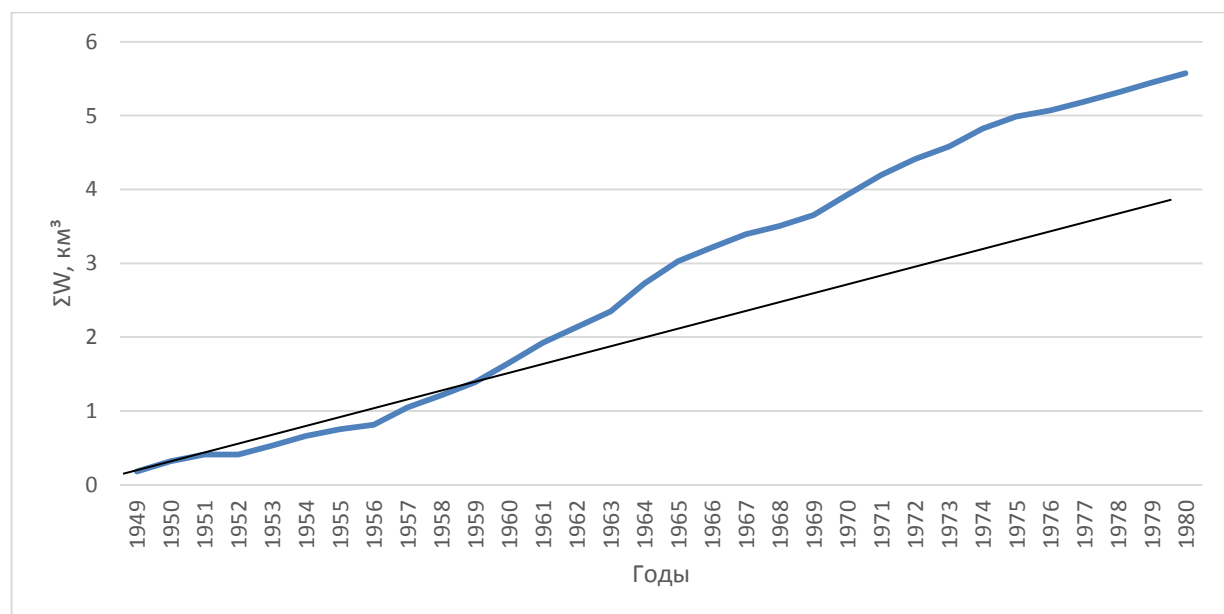


Рисунок 58. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за январь в створе поста с. Кушум

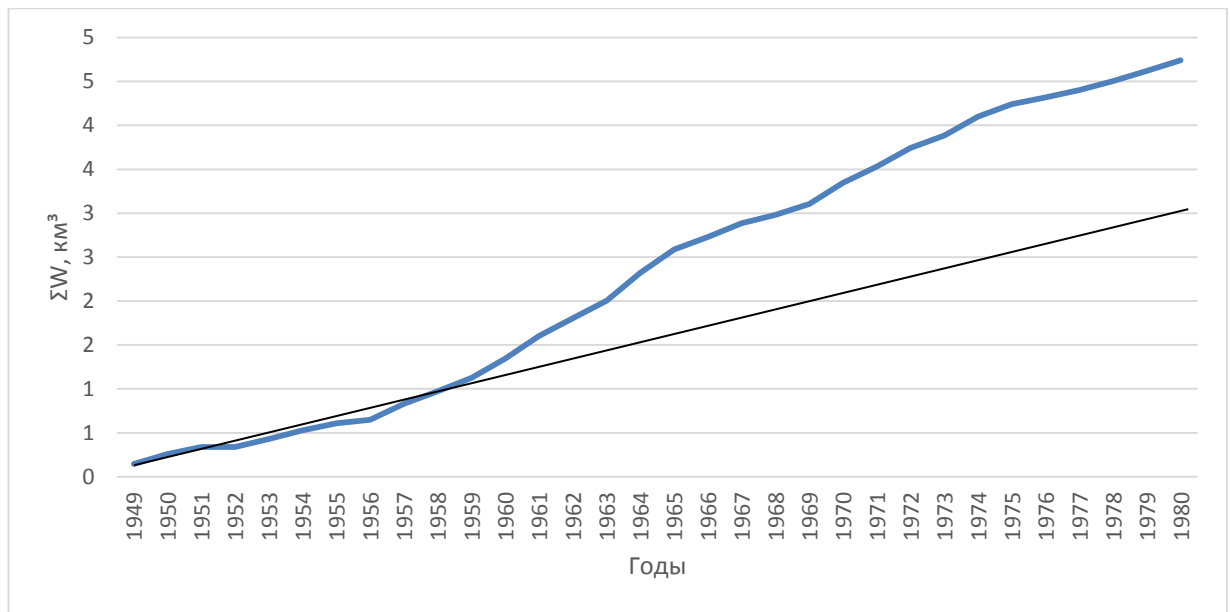


Рисунок 59. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за февраль в створе поста с. Кушум

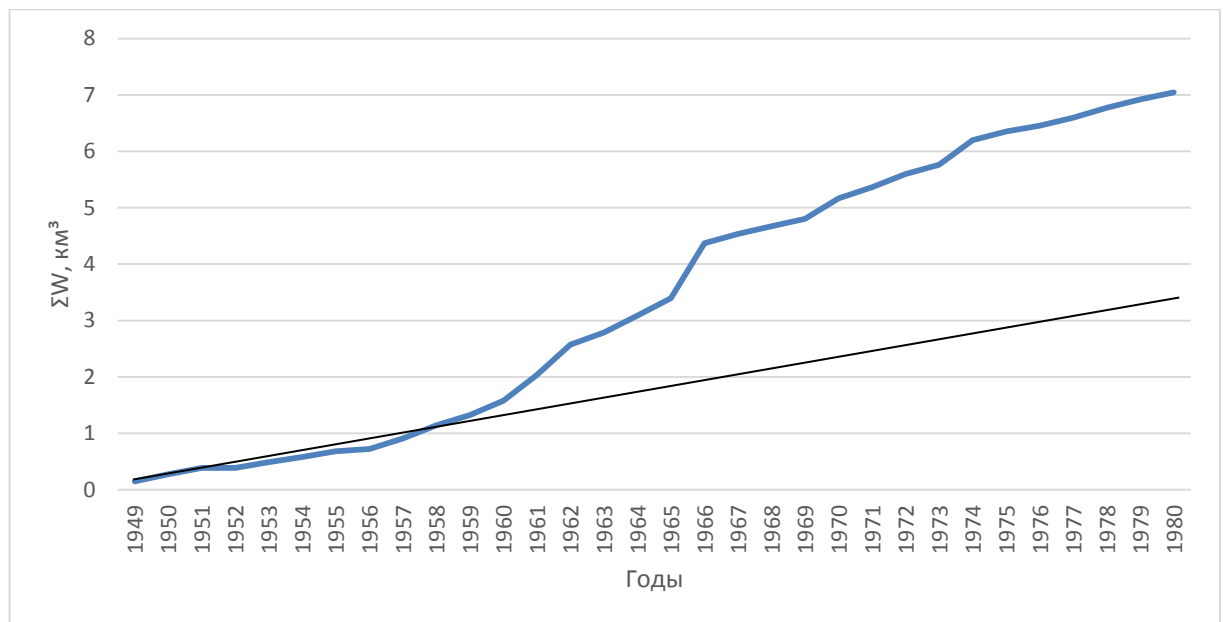


Рисунок 60. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за март в створе поста с. Кушум

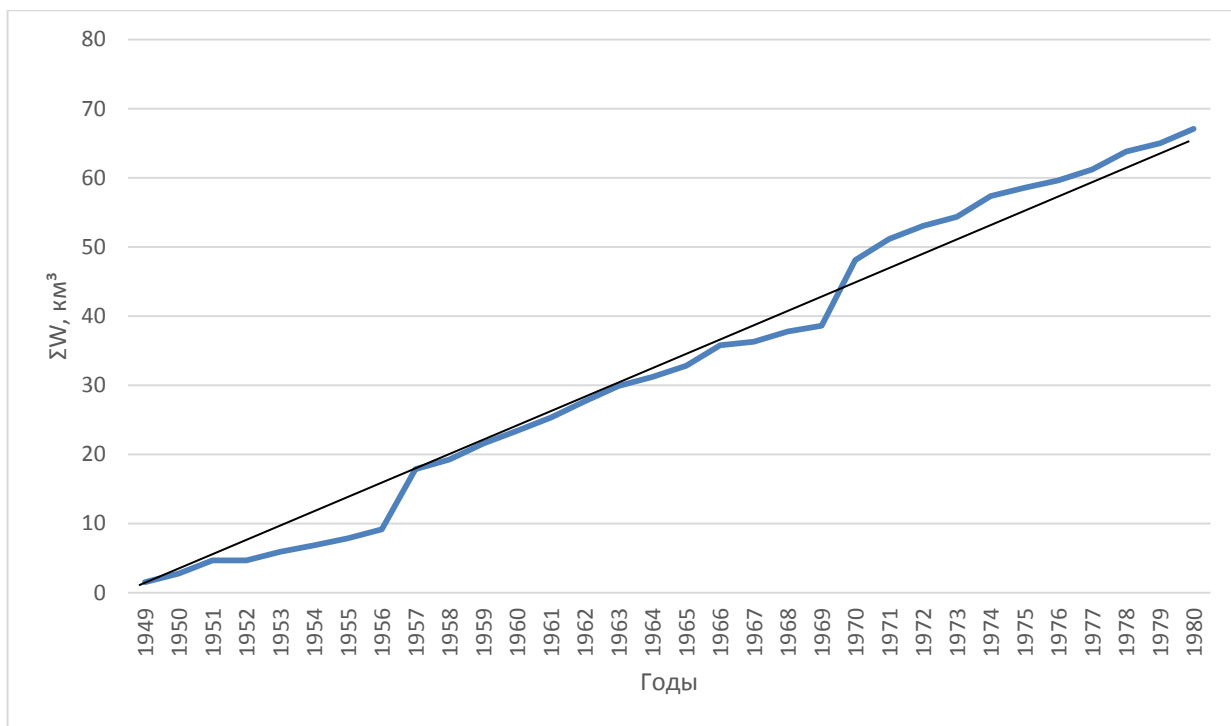


Рисунок 61. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за апрель в створе поста с. Кушум

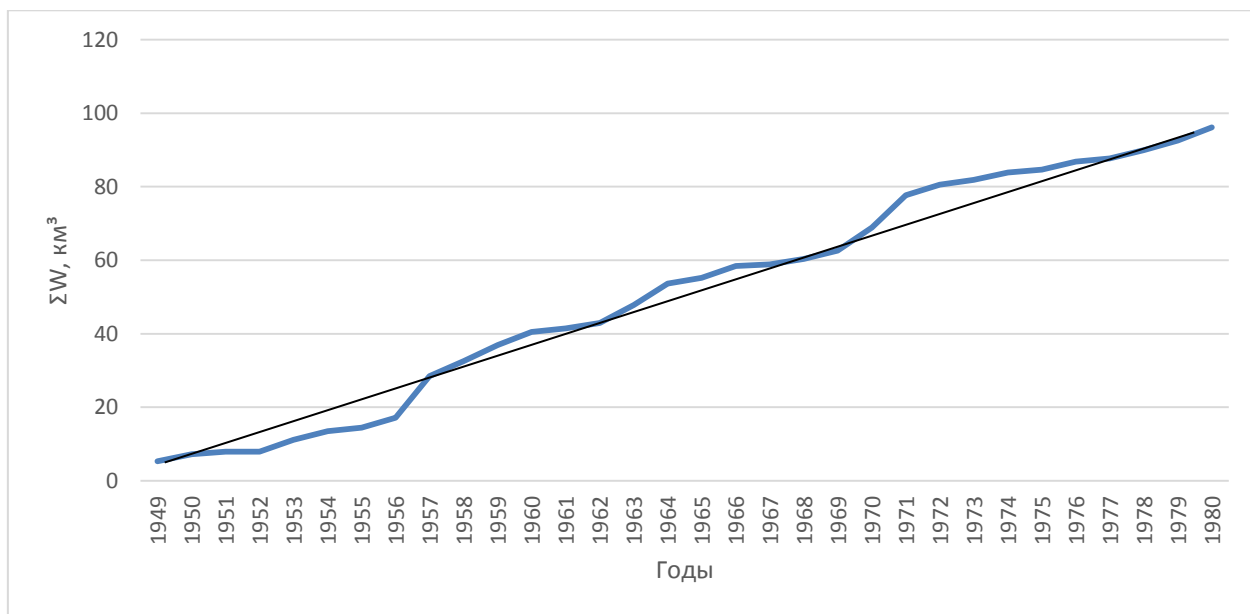


Рисунок 62. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за май в створе поста с. Кушум

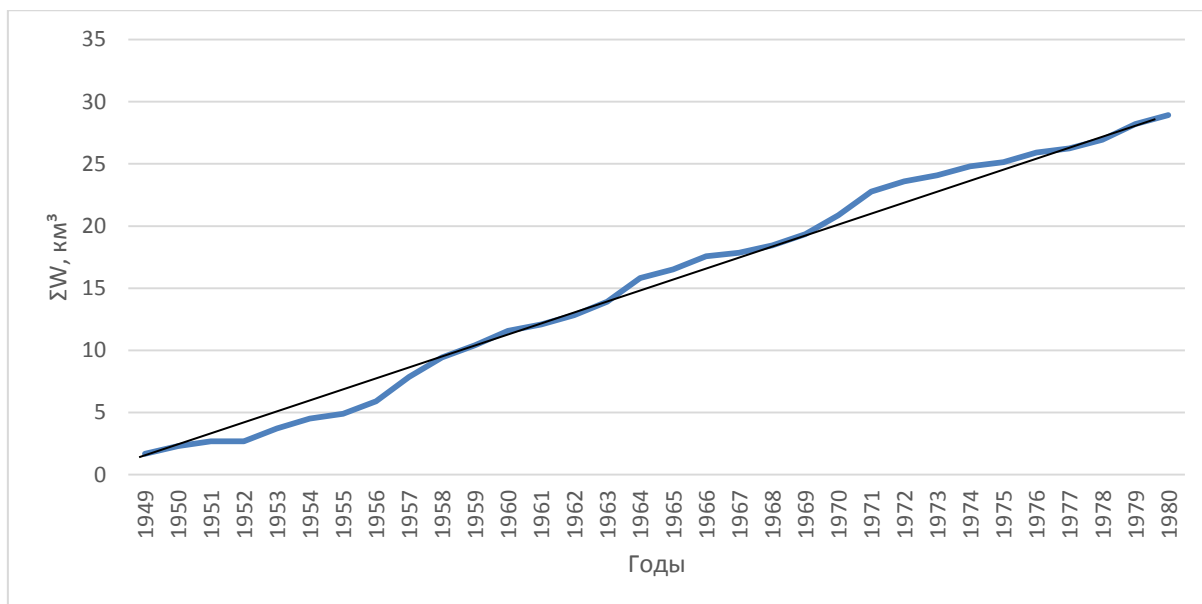


Рисунок 63. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июнь в створе поста с. Кушум

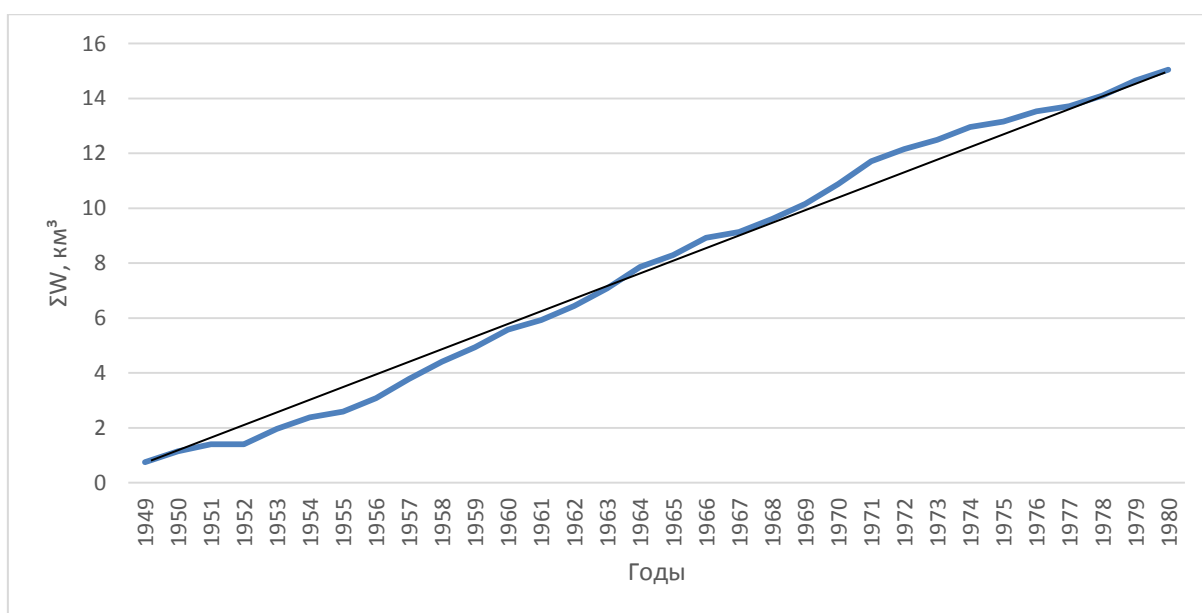


Рисунок 64. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за июль в створе поста с. Кушум

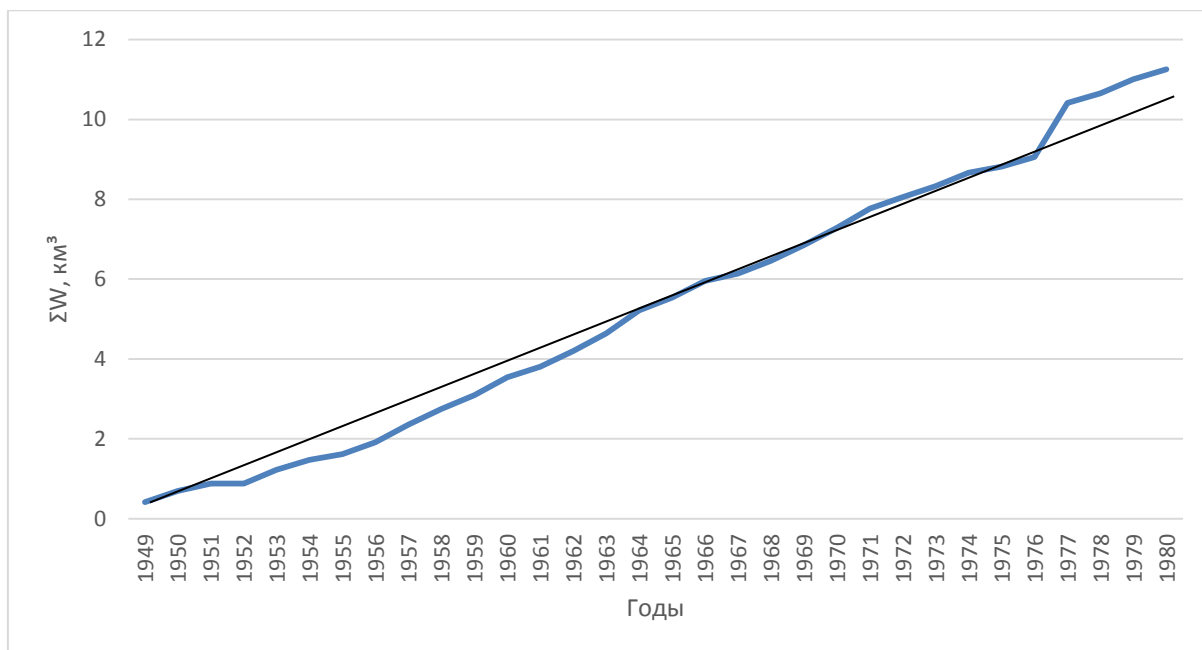


Рисунок 65. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за август в створе поста с. Кушум

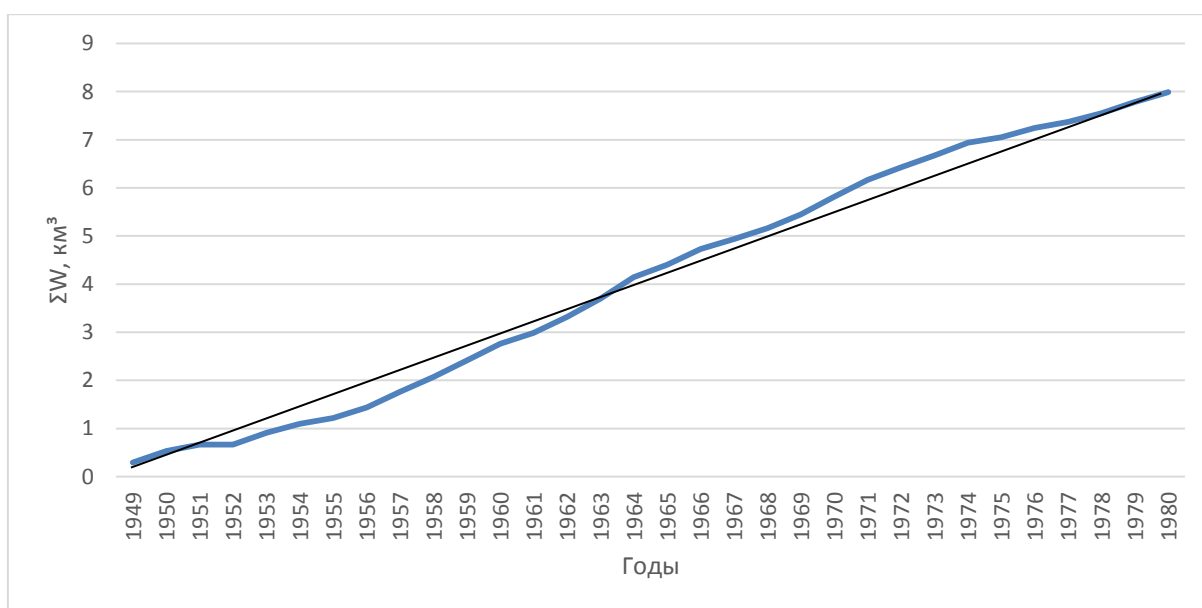


Рисунок 66. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за сентябрь в створе поста с. Кушум

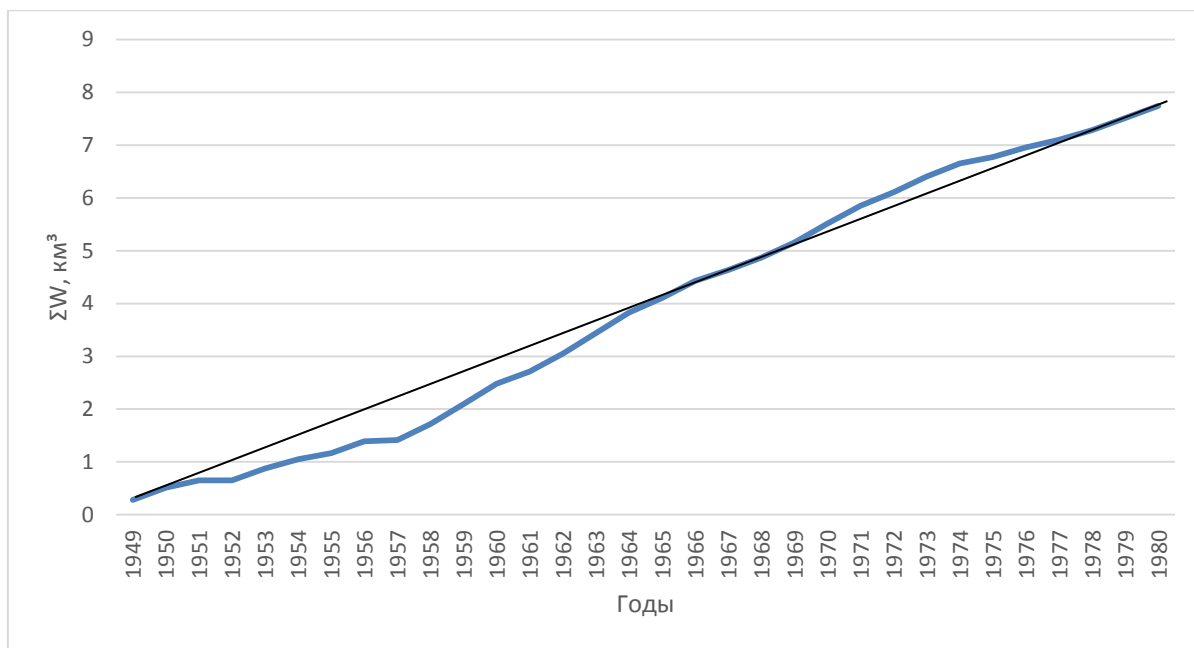


Рисунок 67. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за октябрь в створе поста с. Кушум

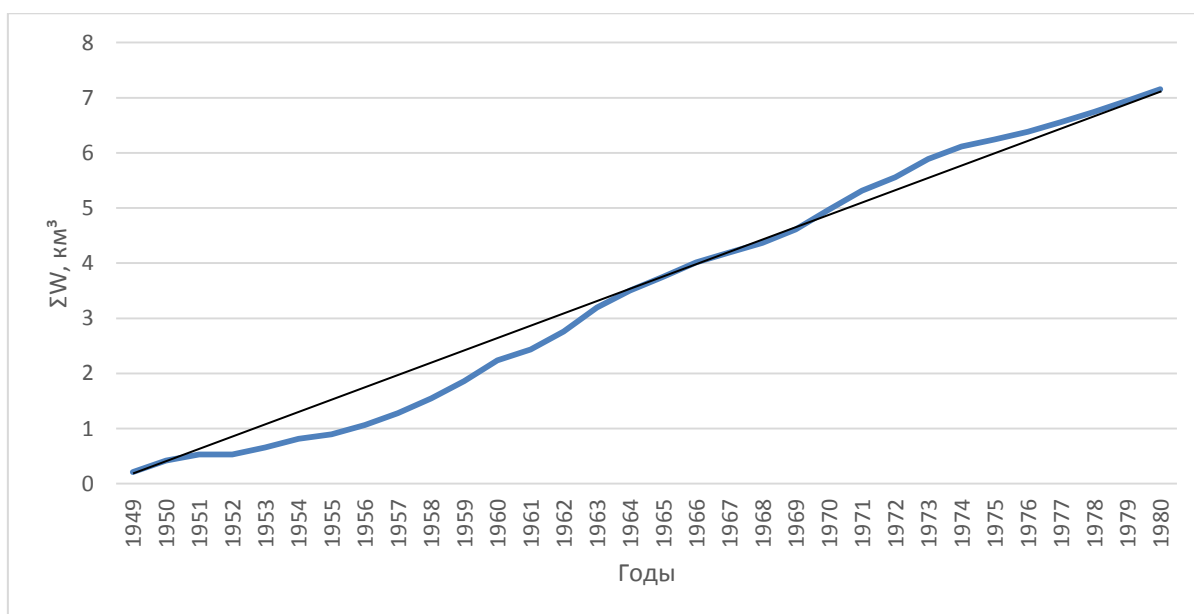


Рисунок 68. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за ноябрь в створе поста с. Кушум

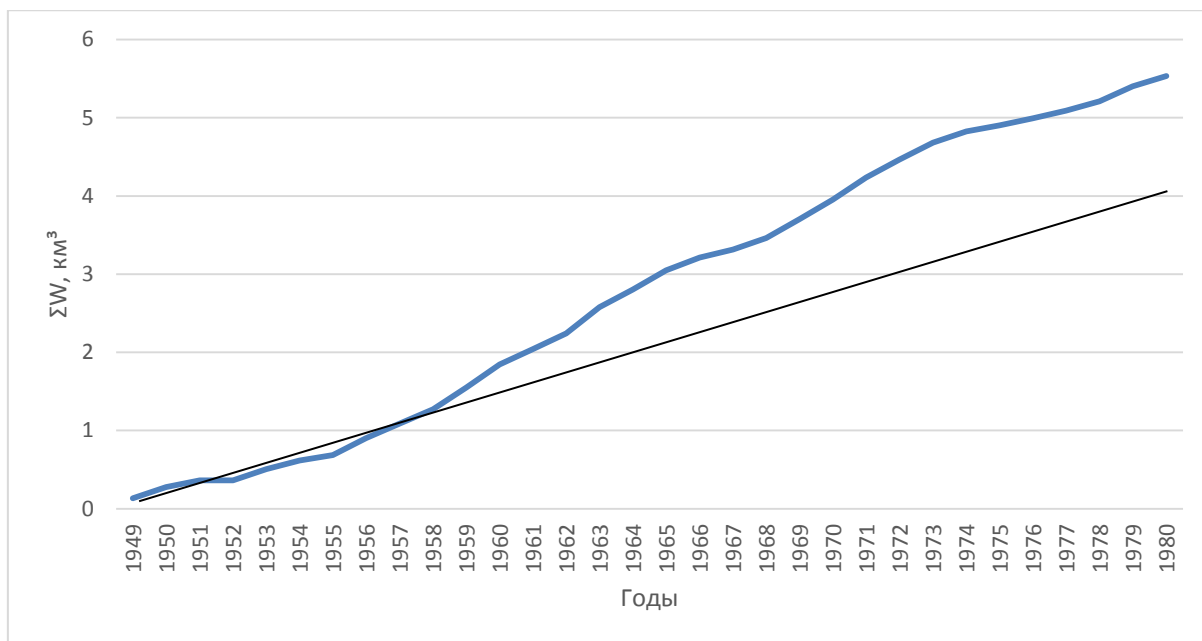


Рисунок 69. Суммарная интегральная кривая среднемесячных значений объемов стока за декабрь в створе поста с. Кушум